



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

CAMPUS D'ALCOI

# UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

## Escuela Politécnica Superior de Alcoy

Proyecto de diseño mecánico, control de posición y análisis cinemático de un prototipo de robot móvil diferencial para la resolución de retos en el concurso Eurobot.

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Mecánica

AUTOR/A: García Canet, Elena

Tutor/a: Masiá Vañó, Jaime

CURSO ACADÉMICO: 2023/2024

## Resumen

Se propone analizar las prestaciones del robot móvil diferencial que el grupo Gromep presentará para el concurso Eurobot mediante el diseño, cálculo y construcción de la base locomotriz, con la intención de llevar a competición un robot totalmente funcional en cuanto a aspectos mecánicos se refiere. El estudio se centrará en el control de posicionamiento del robot, así como el control de la velocidad y la aceleración a la que se requiere que llegue el robot.

Se realizará un estudio entre diferentes alternativas de distribución de los elementos mecánicos de la base locomotriz, dado que la normativa del Concurso limita el perímetro del robot. Aparte del movimiento de traslación, el robot tiene que elevar ciertas piezas. Por lo tanto, se deberá hacer una comparativa entre distintos elementos mecánicos como correas de transmisión, poleas dentadas, guías lineales, ruedas, prestaciones mecánicas de los motores... así como los cálculos necesarios con la finalidad de seleccionar los elementos mecánicos más apropiados para conseguir el objetivo que se propone.

La funcionalidad específica buscada requiere del diseño de piezas para su fabricación por impresión 3D, de las cuales se detallará el proceso de diseño y de fabricación. Además, se realizará un estudio estático de cargas, incluyendo una simulación de las tensiones y deformaciones.

### Palabras clave

Base locomotriz, robot móvil diferencial, posicionamiento, elementos mecánicos, impresión 3D.

## Resum

Es proposa analitzar les prestacions del robot mòbil diferencial que el grup Gromep presentarà per al concurs Eurobot mitjançant el disseny, càlcul i construcció de la base locomotriu, amb la intenció de portar a competició un robot totalment funcional quant a aspectes mecànics. L'estudi se centrarà en el control de posicionament del robot, així com el control de la velocitat i l'acceleració a què es requereix que arribi el robot.

Es realitzarà un estudi entre diferents alternatives de distribució dels elements mecànics de la base locomotriu, donat que la normativa del Concurs limita el perímetre del robot. A banda del moviment de translació, el robot ha d'elevat certes peces. Per tant, s'haurà de fer una comparativa entre diferents elements mecànics com corretges de transmissió, politges dentades, guies lineals, rodes, prestacions mecàniques dels motors... així com els càlculs necessaris amb la finalitat de seleccionar els elements mecànics més apropiats per aconseguir el objectiu que es proposa.

La funcionalitat específica cercada requereix el disseny de peces per a la seva fabricació per impressió 3D, de les quals es detallarà el procés de disseny i fabricació. A més, es realitzarà un estudi estàtic de càrregues, incloent-hi una simulació de les tensions i deformacions.

### Paraules clau

Base locomotriu, robot mòbil diferencial, posicionament, elements mecànics, impressió 3D.

## Abstract

It is proposed to analyse the performance of the differential mobile robot that the Gromep group will present for the Eurobot contest through the design, calculation, and construction of the locomotive base, with the intention of bringing a fully functional robot to the competition in terms of mechanical aspects. The study will focus on the positioning control of the robot, as well as the control of the speed and acceleration that the robot is required to reach.

A study will be carried out between different alternatives for the distribution of the mechanical elements of the locomotor base, given that the Contest regulations limit the perimeter of the robot. Apart from the translational movement, the robot has to lift certain parts. Therefore, a comparison must be made between different mechanical elements such as transmission belts, toothed pulleys, linear guides, wheels, mechanical performance of the motors... as well as the necessary calculations in order to select the most appropriate mechanical elements to achieve the proposed objective.

The specific functionality sought requires the design of parts for manufacturing by 3D printing, of which the design and manufacturing process will be detailed. In addition, a static load study will be carried out, including a simulation of stresses and deformations.

### Keywords

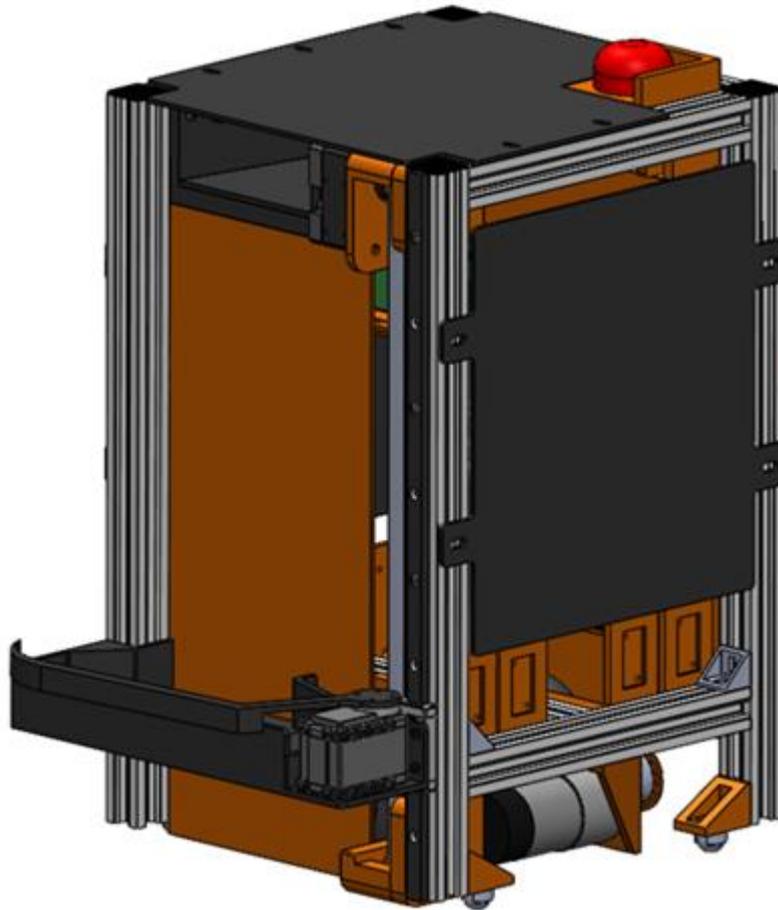
Locomotive base, differential mobile robot, positioning, mechanical elements, 3D printing

## Agraïments

A la meua família, per oferir-me sempre el millor d'ells i donar-me suport en aquest camí.

Als professors de la Epsa, especialment al meu tutor Jaume, per haver-me motivat en els meus primers passos per l'enginyeria i la robòtica, sobretot per haver confiat en mi.

A la gent a la que he tingut el plaer de conèixer durant aquesta etapa, especialment companys de Gromep i de classe, per tot el que he après amb vosaltres i les experiències viscudes.



<b>Grado</b>	Ingeniería Mecánica
<b>Título</b>	Proyecto de diseño mecánico, control de posición y análisis cinemático de un prototipo de robot móvil diferencial para la resolución de retos en el concurso Eurobot.
<b>Autora</b>	Elena García Canet
<b>Tutor</b>	Jaime Masiá Vañó
<b>Fecha</b>	JUNIO 2024
<b>Volumen</b>	Documento N.º 1
<b>Índice general</b>	

# Tabla de contenido

Tabla de contenido	6
Listado de Figuras	9
Listado de Tablas	11
1 Introducción	13
1.1 Motivación	14
1.2 Antecedentes	15
1.3 Entorno y estrategia de competición	16
2 Objetivos	16
2.1 Global	16
2.2 Específicos	16
3 Contextualización	17
3.1 Planteamiento del problema	17
3.2 Necesidades	17
4 Descripción de la solución planteada	17
4.1 Hipótesis de diseño	17
4.2 Estrategia del robot	18
4.3 Selección de materiales y procesos de fabricación	20
4.4 Tolerancias de fabricación	20
4.5 Descripción del proceso de fabricación	21
4.5.1 Procesos primarios de conformado	21
4.5.2 Procesos secundarios	22
4.5.3 Selección de los materiales	22
4.6 Solución adoptada. Desarrollo del diseño del robot.	22
4.6.1 Diseño de la base locomotriz	23
4.6.2 Diseño de la parte elevadora	26
4.6.3 Elevación de la caja	26
4.6.4 Proceso de caída de las bolas	28
4.7 Selección de los principales componentes comerciales	28
4.7.1 Motores eléctricos	28
4.7.2 Ruedas y eje central	31
4.7.3 Poleas de la base locomotriz	32
4.7.4 Rodamientos	33
4.8 Resumen de los componentes diseñados	34
4.8.1 Parte estructural	34

---

Base locomotriz	35
4.8.2 Parte elevadora	41
4.8.3 Componentes internos	48
4.8.4 Cubiertas	52
4.9 Implicaciones medioambientales	55
4.9.1 Vida útil de los componentes	55
4.9.2 Análisis de materiales poliméricos	56
5 Conclusiones	57
6 Referencias bibliográficas	58
Anexo I: Índice	61
1 Anexo I. Estudio de alternativas	62
1.1 Alternativa en el diseño de la base locomotriz	62
1.2 Alternativa al diseño del sistema de elevación	62
1.3 Alternativa en la fabricación de las rampas de la caja.	63
Anexo II: Índice	65
2 Anexo II. Mejoras técnicas	66
2.1 Reducción de la fricción en las rampas	66
2.2 Relación entre los sensores en la parte elevadora	66
2.3 Fabricación de cubiertas adaptadas a la geometría de los sensores	66
3 Anexo III. Cálculos	69
3.1 Cálculos para la selección de los componentes	69
3.1.1 Cálculos para la selección de las poleas	69
3.1.2 Cálculos para la selección de la correa de la base locomotriz	70
3.1.3 Tensión sobre las correas	73
3.1.4 Cálculos para la selección de la correa de la parte elevadora	75
3.1.5 Cálculos para la selección de los rodamientos de la base locomotriz	75
3.2 Cálculo de tensiones y deformaciones.	76
3.2.1 Estudio de las tensiones en el soporte	77
3.3 Cálculos cinemáticos	86
3.3.1 Aceleración máxima que puede alcanzar el robot	87
3.4 Control de posición	90
Anexo IV: Índice	93
4 Anexo IV. Selección de procesos de fabricación y materiales	94
4.1 Selección de los procesos de fabricación	94
4.1.1 Procesos primarios	94

---

---

4.1.2	Procesos secundarios	96
4.2	Proceso de selección del material	97
4.2.1	Soportes y poleas	97
4.2.2	Otros componentes	100
	Pliego de condiciones: índice	102
1	Objeto	103
2	Condiciones generales	103
2.1	Normativa propia de la competición	103
2.1.1	Requisitos de diseño en función de la normativa del concurso	103
2.2	Normativa para componentes normalizados	104
2.3	Normativa para el material de los componentes	104
2.4	Normativas generales	104
2.5	Cronograma y plazos	105
2.6	Transporte	105
2.7	Destinatario de uso y posibles aplicaciones	106
2.8	Condiciones de seguridad	106
3	Pliego de condiciones técnicas	106
3.1	Manual de mantenimiento	106
3.2	Puesta en marcha	107
3.3	Materiales y fabricación	107
	Presupuesto: Índice	109
1	Presupuesto y mediciones	110
2	Ingeniería de diseño	110
3	Componentes comerciales utilizados	110
4	Componentes diseñados	112
5	Montaje	113
6	Coste de la mano de obra	114
6.1.1	Piezas fabricadas por FDM	114
6.1.2	Coste de procesado de la perfilería	114
6.1.3	Coste de las modificaciones de la polea conductora	114
6.1.4	Costes adicionales sobre la mano de obra	114
7	Coste de la materia prima	114
7.1.1	Coste material FDM	114
8	Resumen de los costes	115
8.1	Presupuesto de componentes comerciales y de diseño propio	115

---

8.2	Presupuesto de la mano de obra	115
8.3	Otros presupuestos	115
Planos: Índice		117

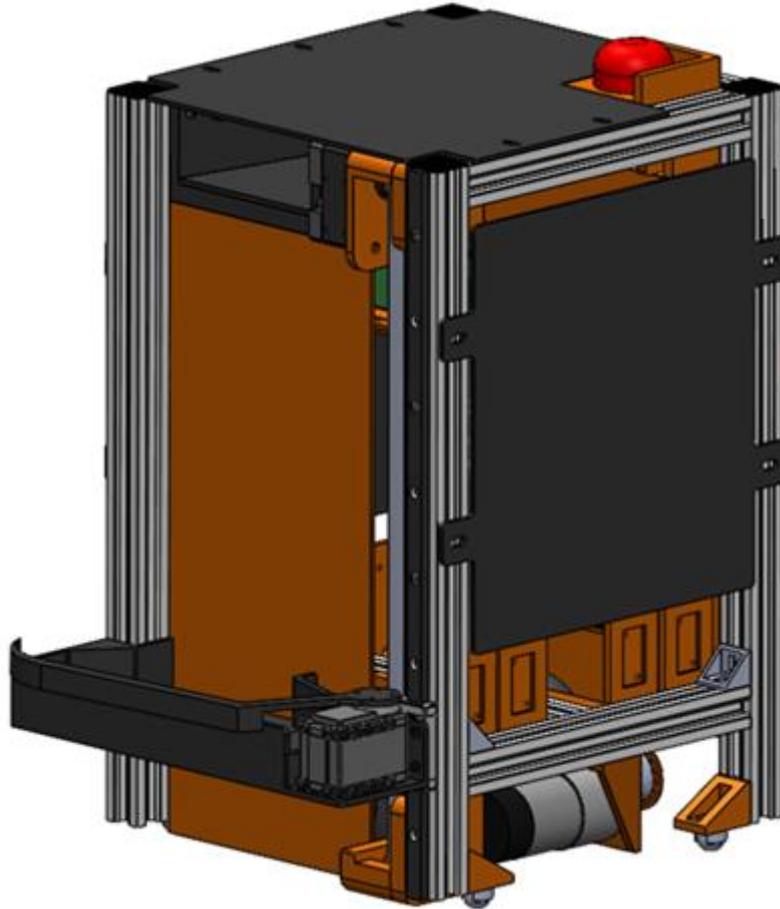
## Listado de Figuras

Figura 1:	Brazo robótico. Fuente: mecalux	13
Figura 2:	Robot colaborativo. Fuente: Hyundai	14
Figura 3:	Base diferencial. Fuente: kadtronix	14
Figura 4:	Cerezas. Fuente: thetoysstore	16
Figura 5:	Expositores de las cestas	16
Figura 6:	Esquema de la base locomotriz	17
Figura 7:	Expositores de las cerezas	18
Figura 8:	Esquema del tablero de competición. Fuentes: Normativa Eurobot.	19
Figura 9:	Proceso FDM. Fuente: Granta EduPack	21
Figura 10:	Impresoras utilizadas. Fuente: treatstock y makepartsfast	21
Figura 11:	Esquema de los subsistemas	23
Figura 12:	Subsistemas base locomotriz	23
Figura 13:	Conjunto bola de apoyo	24
Figura 14:	Sujeción eje y conjunto eje	25
Figura 15:	Garra y expositor de las cerezas	26
Figura 16:	Sistema de enganche de la caja	27
Figura 17:	Poleas conductora y conducida	28
Figura 18:	Motor seleccionado. Fuentes: Pololu	30
Figura 19:	Batería LiPo. Fuente: rc-innovations	30
Figura 20:	Esquema controladora. Fuentes: Pololu	31
Figura 21:	Pulsos del encoder seleccionado. Fuente: Pololu	31
Figura 22:	Clasificación de rodamientos	34
Figura 23:	Perfiles	34
Figura 24:	Base locomotriz	35
Figura 25:	Eje	36
Figura 26:	Poleas de la base locomotriz	36
Figura 27:	Soporte del motor	37
Figura 28:	Soporte del eje	38
Figura 29:	Casquillos	39
Figura 30:	Cubre llantas	39
Figura 31:	Soporte de las bolas de apoyo	40
Figura 32:	Parte elevadora	41
Figura 33:	Soportes parte elevadora	41
Figura 34:	Poleas de la parte elevadora	43
Figura 35:	Acople del servomotor	44
Figura 36:	Enganches	44
Figura 37:	Caja	45
Figura 38:	Garra	46
Figura 39:	Rampas para la caja	47
Figura 40:	Rampas	47
Figura 41:	Componentes internos	48

Figura 42: Soportes para las placas.....	49
Figura 43: Soporte para las baterías .....	50
Figura 44: Soporte para el botón de emergencia .....	50
Figura 45: Soporte para el final de carrera .....	51
Figura 46: Soporte para los sensores .....	52
Figura 47: Cubiertas .....	52
Figura 48: Cubierta 1.....	53
Figura 49: Cubierta 2 .....	53
Figura 50: Separador.....	54
Figura 51: Cubierta superior.....	55
Figura 52: Opción inicial base locomotriz .....	62
Figura 53: Sistema de lanzamiento. Fuente: upcommons.upc.....	63
Figura 54: Pulido de una superficie. Fuente: Granta EduPack.....	63
Figura 55: Espacio para la correa .....	71
Figura 56: Cálculo de flancos. Fuente: Catálogo "Endless Timing Belts" .....	73
Figura 57: Tensión permisible sobre las correas. Fuente: Catálogo "Endless Timing Belts" .....	74
Figura 58: Trasmisión. Fuente: svu.edu.eg .....	75
Figura 59: Tensión pieza P1 .....	76
Figura 60: Tensión pieza P2.....	77
Figura 61: Conjunto motor y soporte .....	77
Figura 62: Diagrama del motor .....	78
Figura 63: Soporte del motor .....	78
Figura 64: Selección geometría fija. Fuente: Solidworks .....	79
Figura 65: Definición de sujeciones .....	79
Figura 66: Selección carga/masa remota.....	79
Figura 67: Introducir cargas y distancia de aplicación .....	80
Figura 68: Primera tensión principal.....	80
Figura 69: Desplazamientos.....	81
Figura 70: Deformaciones unitarias .....	81
Figura 71: Deformaciones unitarias .....	82
Figura 72: Primera tensión principal H2 .....	83
Figura 73: Desplazamientos H2 .....	83
Figura 74: Deformaciones unitarias H2.....	84
Figura 75: Factor de seguridad H2 .....	84
Figura 76: Tensiones H3 .....	85
Figura 77: Desplazamientos H3 .....	85
Figura 78: Deformaciones unitarias H3.....	86
Figura 79: Factor de seguridad H3 .....	86
Figura 80: Sierra de disco.....	96
Figura 81: Perfil para la estructura.....	96
Figura 82: Corte laser. Fuente: Granta EduPack .....	96
Figura 83: Etapa 1. Fuente: Granta EduPack .....	98
Figura 84: Etapa 2. Fuente: Granta EduPack.....	98
Figura 85: Etapa 5. Fuente: Granta EduPack .....	99
Figura 86: Lista de materiales. Fuente: Granta EduPack.....	99
Figura 87: Perímetro de los robots. Fuente: Normativa Eurobot 2023.....	103

## Listado de Tablas

Tabla 1: Tolerancias para dimensiones lineales, excepto aristas matadas. Fuente: UNE-EN 22768-1:1994.	20
Tabla 2: Tolerancias para dimensiones lineales de aristas matadas. Fuente: UNE-EN 22768-1:1994	20
Tabla 3: Tolerancias para dimensiones angulares	20
Tabla 4: Características motor Maxon 382010. Fuente: MaxonMotor	29
Tabla 5: Características motor Pololu. Fuente: Pololu	30
Tabla 6: Comparativa de dimensiones	62
Tabla 7: Selección polea 36 y 16 dientes. Fuente: RS documents	70
Tabla 8: Validación paso poleas. Fuente: Catálogo "Endless timing belts".	71
Tabla 9: Medidas disponibles de correas. Fuente: Catálogo "Endless Timing Belts"	72
Tabla 10: Resumen de los parámetros de la correa	73
Tabla 11: Tensión sobre las correas. Fuente: Catálogo "Endless Timing Belts"	73
Tabla 12: Datos del motor. Fuente: Pololu	74
Tabla 13: Ensayo para la fuerza de rozamiento	87
Tabla 14: Ensayo para la fuerza de rodadura	87
Tabla 15: Características ABS por etapas	100
Tabla 16: Resumen ingeniería de diseño	110
Tabla 17: Componentes comerciales adquiridos	112
Tabla 18: Coste del montaje	113
Tabla 19: Coste de la mano de obra	114
Tabla 20: Procesado de la perfilería	114
Tabla 21: Coste modificaciones polea	114
Tabla 22: Coste de los sobrecostes de mano de obra	114
Tabla 23: Descripción del coste del material FDM	114



<b>Grado</b>	Ingeniería Mecánica
<b>Título</b>	Proyecto de diseño mecánico, control de posición y análisis cinemático de un prototipo de robot móvil diferencial para la resolución de retos en el concurso Eurobot.
<b>Autora</b>	Elena García Canet
<b>Tutor</b>	Jaime Masiá Vañó
<b>Fecha</b>	JUNIO 2024
<b>Volumen</b>	Documento N.º 2
<b>Memoria</b>	

# 1 Introducción

El presente proyecto abarca el diseño, construcción y análisis mecánico de un robot móvil diferencial. Para contextualizar este proyecto, se debe definir qué es un robot. Citando a la Federación Internacional de Robótica, un robot es un “manipulador multipropósito, reprogramable y controlado automáticamente, diseñado para mover materiales, piezas, herramientas o dispositivos especializados a través de movimientos programados variables, para la realización de una variedad de tareas”. Esta definición resulta general, pues engloba diferentes tipos de robots. Por ello, se realizará una clasificación de los robots existentes, así como sus aplicaciones.

Inicialmente, los robots se utilizaron para llevar a cabo tareas repetitivas o peligrosas que desempeñaban los operarios. Con los avances tecnológicos, se desarrollaron robots destinados a ofrecer servicios.

La forma y los componentes de un robot varían según la función a realizar. Gran parte de los robots industriales están compuestos por brazos robóticos, que fueron los primeros ejemplos de robótica aplicada en la industria.



Figura 1: Brazo robótico. Fuente: [mecalux](#)

Dependiendo de su forma, campo de aplicación o componentes, los robots pueden clasificarse en varios grupos. Los robots humanoides, por ejemplo, imitan la morfología humana y se utilizan principalmente en robótica de servicio.

Generalmente, su aplicación es interactuar con personas que pueden no tener conocimientos sobre su diseño o programación, y su objetivo es ayudar en tareas sociales o educativas. Deben ser seguros, eficientes e intuitivos para el usuario.

Otra clasificación se basa en si los robots son colaborativos o no colaborativos. Los robots colaborativos están diseñados para trabajar junto a los seres humanos, equipados con numerosos sensores y protocolos de parada para garantizar la seguridad. Los robots no colaborativos, en cambio, no están destinados a interactuar directamente con los humanos y suelen requerir un mayor conocimiento en el campo de la robótica [5].



Figura 2: Robot colaborativo. Fuente: [Hyundai](#)

El robot desarrollado en este proyecto pertenece al grupo de los robots móviles, que se caracterizan por su movilidad. Estos robots se utilizan, por ejemplo, en el transporte de cargas. Específicamente, este robot es un robot móvil diferencial, diseñado para mover sus ruedas de forma independiente.

La particularidad de un robot diferencial radica en el diseño de su base locomotriz. Otras opciones incluyen un diseño sincronizado, donde todas las ruedas proporcionan dirección y motricidad, o un diseño similar al de un automóvil, con suspensión que aporta estabilidad y conexión entre las ruedas direccionales.

Una base locomotriz diferencial se caracteriza por tener dos ruedas motrices independientes, cada rueda es traccionada por un motor. Por lo que su movimiento consiste en la sincronización o variación de velocidades entre las dos ruedas, siempre alineadas en un mismo eje. Si las dos ruedas se mueven a la misma velocidad y en la misma dirección, el robot avanzará, si las ruedas se mueven en sentidos diferentes o con velocidades diferentes, el robot girará.



Figura 3: Base diferencial. Fuente: [kadtronix](#)

## 1.1 Motivación

La motivación por el proyecto de diseño de un robot móvil procede de la intención de presentarlo a la competición Eurobot a través del Grupo de Robótica y Mecatrónica de la EPSA (en adelante, Gromep). En esta competición, el grupo presentará dos robots que deberán realizar tareas con elevada precisión en el movimiento; control de posición, velocidad y aceleración del robot.

El Eurobot es un concurso internacional de robótica celebrado anualmente desde 1998 con dos modalidades: senior (18-30 años) con robots móviles autónomos, y modalidad

júnior (8-18 años) con robots móviles tele controlados. La competición tiene una fase clasificatoria nacional y una final internacional. Los tres primeros ganadores de la fase nacional serán clasificados en la internacional, donde competirán contra otros equipos internacionales.

La temática de competición varía anualmente; pueden ir relacionadas con eventos importantes para la humanidad o temáticas cotidianas como en esta edición 2023, "The Cherry on the Cake" que se centra en lo culinario. Las temáticas comparten la característica de ser agradables estéticamente. El entorno de competición siempre cumple las mismas características: los robots de cada equipo deben enfrentarse en un tablero de 2x3 metros, con zonas de salida y zonas de finalización de la partida. Cada equipo puede presentar hasta dos robots.

En los tableros, los equipos deberán cumplir tareas definidas por la normativa del concurso y otorgan puntuación al equipo siempre que se cumplan conforme se han estipulado. Gromep requiere que el robot del proyecto se diseñe para que realice una tarea en concreto: recolección de pelotas de 22mm de diámetro y su deposición en una cesta diseñada y construida por el equipo.

Como alternativas de uso, con ligeras modificaciones, el robot se podría aplicar en la organización de inventario en almacenes industriales. De tal modo, un factor importante de motivación resulta ser la mejora en el aspecto mecánico de este tipo de robots.

## **1.2 Antecedentes**

Durante los últimos años, a nivel académico se han realizado variedad de estudios y desarrollos sobre los robots móviles direccionales. Profesionales y estudiantes, han elaborado prototipos que con una función similar a la que se busca en este proyecto. El cambio que se propone es que aparte de realizar un diseño único, y una mejora en lo que involucra el área mecánica en los robots móviles diferenciales.

En cuanto a trabajos de investigación desarrollados anteriormente, se encuentra el Trabajo Final de Grado de Albert Álvarez Masip, "Diseño y construcción de un robot móvil de escala reducida guiado mediante visión artificial 3D" en el cual el planteamiento es similar al presente proyecto, ya que se trata de un robot móvil diferencial, aunque se centra en la visión artificial.

Los trabajos que han servido de principal referencia en el desarrollo del robot de este proyecto son los propios robots presentados por equipos internacionales del concurso Eurobot. Aquí, aunque no con las mismas limitaciones (de componentes o relativas a electrónica y programación) y objetivos, se han presentado robots que tienen que cumplir las mismas misiones. En algunos de los robots presentados, un sistema de succión se encarga de recoger las pelotas. En cuanto a su base locomotriz, algunos de ellos incorporan ruedas omnidireccionales, que consiguen un movimiento del robot en diagonal, aunque con vibraciones e imprecisión de posicionamiento del robot.

### 1.3 Entorno y estrategia de competición

Para la resolución del proyecto se debe definir la ruta que el robot deberá realizar para poder lograr el objetivo indicado. La temática del concurso en esta edición es la construcción de pasteles compuestos por paneles de poliuretano con distintos colores (marrón, amarillo y rosa). Adicionalmente, en dos extremos del tablero se colocará una cesta construida por cada equipo donde se podrán echar pelotas de poliuretano de 22 mm de diámetro que realizarán la función de cerezas: 1 punto por cada pelota en la cesta del equipo y 5 puntos extra si el equipo prevé el número de pelotas que se van a encestar.



Figura 4: Cerezas. Fuente: [thetoystore](http://thetoystore)

Dado que con las pelotas se puede obtener una cantidad considerable de puntuación, Gromep ha decidido que la misión principal de este robot va a ser recoger diez cerezas y volcarlas en la cesta diseñada por el grupo.



Figura 5: Expositores de las cestas

La cesta se colocará en un expositor azul o verde dependiendo del color que se le asigne a cada equipo antes de empezar la partida. El equipo puede empezar o finalizar la partida en cualquiera de los círculos o cuadrados que se muestran en el tablero de la *Figura 8*, mientras que sean de su color. En los círculos, el robot puede dejar pasteles, pero el equipo contrario puede cogerlos. En los cuadrados, el equipo contrario será penalizado si los recoge. En finalizar la partida, el arbitraje realizará el recuento de puntos y los pasteles que se encuentren en los círculos o cuadrados que tengan el color que se ha asignado al equipo darán puntos a ese equipo.

## 2 Objetivos

### 2.1 Global

El objetivo principal es conseguir un robot cuyo análisis mecánico permita superar las tareas del Eurobot que ha marcado el Grupo de Robótica y Mecatrónica de la EPSA bajo las limitaciones impuestas por la normativa del Concurso. Este cometido se conseguirá seleccionando los componentes mecánicos más indicados y la fabricación de piezas personalizadas, asegurando la integridad estructural del robot y su correcto funcionamiento cinemático.

### 2.2 Específicos

1. Desarrollar una base locomotriz que garantice desplazamientos precisos, eficaces y sin deslizamiento.

2. Diseño y construcción de un prototipo real capaz de recoger 10 pelotas.
3. Diseño de un subsistema de elevación para que las pelotas puedan ser depositadas a la altura indicada por normativa con los motores que proporciona Gromep
4. Selección de los componentes mecánicos de la base locomotriz para que el robot sea funcional.

## 3 Contextualización

### 3.1 Planteamiento del problema

El problema planteado consiste en realizar el diseño y construcción del robot que desempeñe las funcionalidades que se desean bajo el acatamiento de la normativa estipulada por el concurso, con la finalidad de cumplir las expectativas de Gromep.

Una restricción para el diseño del robot viene impuesta por la normativa que Eurobot lanza cada edición. La fecha de lanzamiento suele ser 8 o 9 meses antes de la fecha de la competición. Otra restricción viene impuesta por las limitaciones electrónicas y de programación que marca Gromep.

### 3.2 Necesidades

Se precisa un robot cuyo diseño pueda recoger cerezas de cualquier expositor y volcarlas en cualquiera de las cestas, así como ser capaz de frenar si detecta otro robot y reanudar la marcha en ser posible, ya que el robot contrincante puede entorpecer la ruta planificada. El robot debe recoger las cerezas con suficiente delicadeza para no volcarlas, ya que su masa es de aproximadamente 1 gramo.

En este proyecto, la velocidad deja de ser un objetivo. Se prioriza el posicionamiento.

## 4 Descripción de la solución planteada

### 4.1 Hipótesis de diseño

El aspecto más valorado ha sido el aprovechamiento del movimiento de avance del robot para recoger las bolas de los expositores. Por tanto, la orientación del avance del robot sería a  $90^\circ$  respecto al sistema de recogida de cerezas y en línea con el volcado de las cerezas, consiguiendo recoger las pelotas y reduciendo el tiempo de posicionamiento. Para ello, se ha pensado en que el robot tenga una extensión que facilite la tarea de recogida de pelotas. Tanto el diseño del robot como el estudio de tensiones y deformaciones se ha realizado con el software CAD Solidworks.

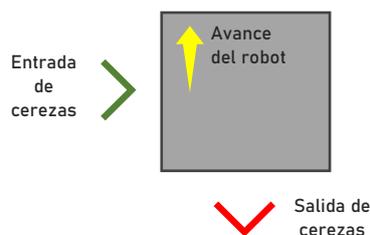


Figura 6: Esquema de la base locomotriz

## 4.2 Estrategia del robot

Una vez establecidos los elementos principales del diseño del robot, se va a plantear la estrategia (que se desarrollará junto al equipo de programación para adaptar el robot a los requisitos) que seguirá el robot para la resolución de la tarea, esencial para realizar el control de los motores. Para comprender el terreno de juego, en las líneas grises marcadas ("A, B, C"), se situarán los expositores con las diez cerezas.

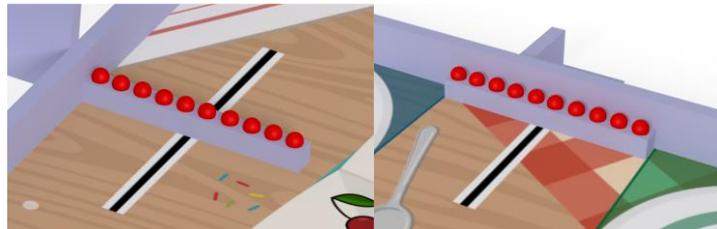


Figura 7: Expositores de las cerezas

La máquina recogerá diez cerezas, la cantidad que se encuentra en un expositor, mientras se aprovecha el movimiento del robot. A continuación, se resumen las rutas:

- Asignándose el **color azul**, la primera estrategia consiste en situarse en el círculo 2 para avanzar y recoger las cerezas del expositor B. Cuando se encuentre en el cuadrado azul, el robot se colocará lateralmente junto a la cesta para volcar el contenido en ella. Otra estrategia posible consistiría en situarse en el plato 1 para recoger las pelotas del expositor C y trasladarse hasta la cesta verde.
- Si se asigna el **color verde** al equipo, el robot partirá del cuadrado verde para avanzar hasta el expositor A, recoger las cerezas y retroceder al cuadrado de nuevo para volcar las cerezas. Partiendo el plato 3, el robot podría recoger las pelotas del expositor B, para volcarlas en la cesta del equipo verde.

En el caso en que en algún momento un robot se interponga en el camino, el equipo programador debe decidir si se realizara una maniobra de esquivación o se esperará a que el robot deje el paso libre.



### 4.3 Selección de materiales y procesos de fabricación

### 4.4 Tolerancias de fabricación

Las tolerancias se han tenido en cuenta conforme la norma **UNE-EN 22768-1:1994**. Las tolerancias que se van a tener en cuenta van a ser siempre en la clasificación “grosera”.

Medidas en milímetros

Clase de tolerancia		Desviaciones admisibles respecto al valor nominal							
		0,5 <sup>1)</sup> hasta 3	más de 3 hasta 6	más de 6 hasta 30	más de 30 hasta 120	más de 120 hasta 400	más de 400 hasta 1 000	más de 1 000 hasta 2 000	más de 2 000 hasta 4 000
Designación	Descripción								
f	fina	± 0,05	± 0,05	± 0,1	± 0,15	± 0,2	± 0,3	± 0,5	–
m	media	± 0,1	± 0,1	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 0,8	± 1,2	± 2
c	grosera	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 0,8	± 1,2	± 2	± 3	± 4
v	muy grosera	–	± 0,5	± 1	± 1,5	± 2,5	± 4	± 6	± 8

1) Para valores nominales inferiores a 0,5 mm, las tolerancias han de indicarse siempre junto a la cota nominal correspondiente.

Tabla 1: Tolerancias para dimensiones lineales, excepto aristas matadas. Fuente: UNE-EN 22768-1:1994.

Medidas en milímetros

Clase de tolerancia		Desviaciones admisibles respecto al valor nominal		
		0,5 <sup>1)</sup> hasta 3	más de 3 hasta 6	más de 6
Designación	Descripción			
f	fina	± 0,2	± 0,5	± 1
m	media			
c	grosera	± 0,4	± 1	± 2
v	muy grosera			

1) Para valores nominales inferiores a 0,5 mm, las tolerancias han de indicarse siempre junto a la cota nominal correspondiente.

Tabla 2: Tolerancias para dimensiones lineales de aristas matadas. Fuente: UNE-EN 22768-1:1994

Clase de tolerancia		Desviaciones admisibles en función de la longitud del lado menor del ángulo considerado, en milímetros				
		hasta 10	más de 10 hasta 50	más de 50 hasta 120	más de 120 hasta 400	más de 400
Designación	Descripción					
f	fina	± 1°	± 0°30'	± 0°20'	± 0°10'	± 0°5'
m	media					
c	grosera	± 1°30'	± 1°	± 0°30'	± 0°15'	± 0°10'
v	muy grosera	± 3°	± 2°	± 1°	± 0°30'	± 0°20'

Tabla 3: Tolerancias para dimensiones angulares

## 4.5 Descripción del proceso de fabricación

A continuación, se detallan las características de los procesos seleccionados. Para conocer el análisis que se ha realizado para obtener los siguientes resultados, consultar *"Anexo IV: Selección de procesos de fabricación y materiales"*.

### 4.5.1 Procesos primarios de conformado

#### 4.5.1.1 Piezas fabricadas por Fabricación de Fusión de Filamento (FFF) / Modelado por Deposición Fundida (FDM)

Se ha seleccionado para la fabricación de soportes y poleas, así como otros elementos como la caja o la garra por ser:

- Un proceso de fabricación rápido apto para un rango de masas ente 0,1 y 15 kg.
- Permitir la fabricación de piezas con geometría compleja.
- Aportar adecuada resistencia al producto final.

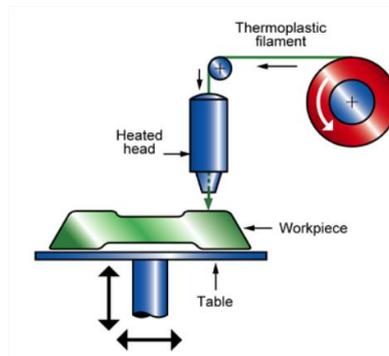


Figura 9: Proceso FDM. Fuente: Granta EduPack

En el caso concreto de este Proyecto, para las piezas impresas en ABS se ha empleado la *Stratasys Dimension 1200es* y la impresora *Ultimaker S5 Pro Bundle* para las piezas fabricadas en PLA, ambos con extrusores con boquillas de 0,4 mm de diámetro.



Figura 10: Impresoras utilizadas. Fuente: [treatstock](#) y [makepartsfast](#)

#### 4.5.2 Procesos secundarios

En el proyecto, algunos componentes necesitan un post procesado o modificación, para seleccionar el más adecuado, se va a realizar un análisis de la opción seleccionada con la herramienta Granta EduPack. En *"Anexo IV: Selección de procesos de fabricación y material – Procesos secundarios"* se muestran los procesos seleccionados.

#### 4.5.3 Selección de los materiales

Los materiales utilizados en los componentes fabricados en este proyecto se han seleccionado mediante la herramienta **ANSYS Granta EduPack**. Un programa que ofrece una amplia base de datos de materiales y procesos de fabricación, así como recursos adicionales de ayuda al estudiantado. Este software utiliza la metodología Ashby, la cual se basa en gráficos que permiten comparar las distintas propiedades de los materiales (densidad, resistencia, conductividad...).

Una vez conocido el proceso, se elegirá el material. En *"Anexo IV: Selección de procesos de fabricación y materiales – Proceso de selección del material"* se desarrolla el proceso de selección.

### 4.6 Solución adoptada. Desarrollo del diseño del robot.

El diseño del robot se ha desarrollado de forma que todos sus componentes estén lo más compactos posible. La planta del robot tendrá geometría rectangular y la estructura estará diseñada con perfiles de Aluminio EN AW-6060. Escuadras con ranuras de 20x20mm diseñadas para encajar en los perfiles seleccionados los unirán. Para la electrónica, se han diseñado soportes para fijarse en los perfiles interiores del robot. Como cobertura del robot, se utilizarán paneles de metacrilato (no deben ser transparentes, para poder facilitar la tarea de detección del robot al resto).

Aparte de la **base locomotriz**, otro subsistema será la **parte actuadora**, que va a consistir en un sistema de captación y elevación de las cerezas. Los robots móviles suelen incorporar **sensores** para interactuar con el entorno: sensores de distancia en la parte frontal y trasera (En el apartado *"Resumen de los componentes diseñados"* se ofrece una vista de cada una de las caras del robot), así como el sensor RP Lidar A3 (capaz de detectar objetos estáticos y en movimiento en un rango de 360° a su alrededor) instalado en la parte superior del robot.

El control de los sensores se realizará con una placa Arduino UNO, de 7-12 V de alimentación recomendados. En este caso, se escogerán baterías de 9 V como alimentación.

Existe una relación directa y fundamental entre la base locomotriz y los sensores para asegurar los adecuados periodos de marcha y parado, pero en el diseño que se plantea no existe relación entre la parte actuadora y los sensores. En *"Anexo II: Mejoras técnicas – Relación entre los sensores de la parte elevadora"* se analiza este supuesto.

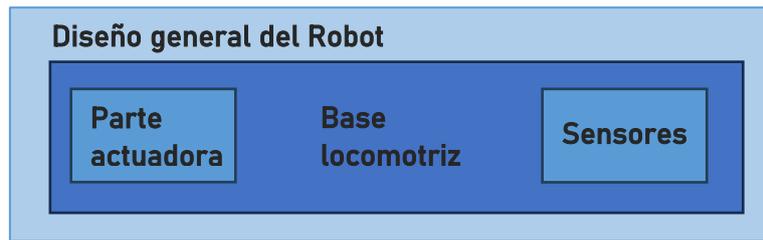


Figura 11: Esquema de los subsistemas

#### 4.6.1 Diseño de la base locomotriz

Una base locomotriz diferencial es la más indicada para este proyecto, y se compone de dos ruedas motrices y una o más ruedas de apoyo. Según *R.E. Campos Avella* [19], en este tipo de configuración, el robot se mueve por dos ruedas motrices independientes y para plantear el modelo de control se debe cumplir que:

- El robot se desplaza sobre una superficie plana
- No existen restricciones para el movimiento de las ruedas
- El eje es perpendicular al plano

Para entender mejor el sistema locomotriz diseñado, se va a separar por subsistemas:

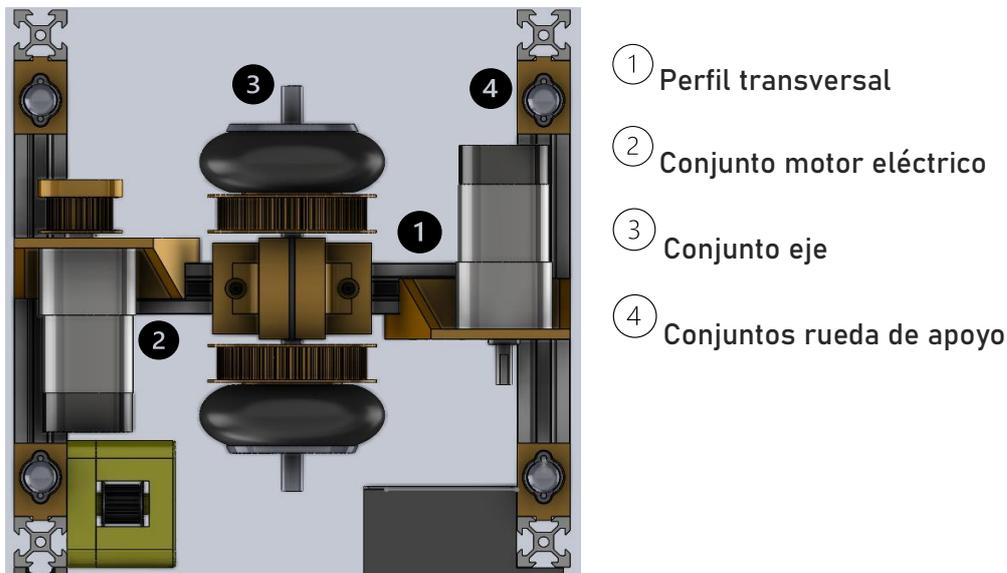


Figura 12: Subsistemas base locomotriz

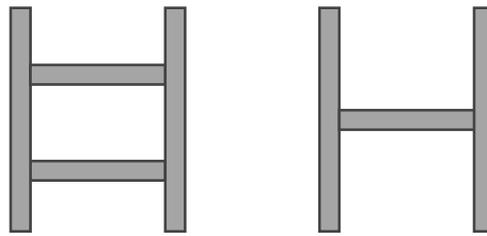
##### 4.6.1.1 Distribución de los componentes de la base locomotriz

Se instalarán las dos ruedas en un mismo eje accionadas por motores mediante correas, donde aun tomando el riesgo de perder rendimiento y velocidad en la transmisión, se obtiene una geometría compacta ya que se deja espacio libre para que la caja descienda para recoger las pelotas del expositor, cumpliendo con el perímetro establecido y dejando espacio para el soporte de la polea de la parte elevadora, consiguiendo que el robot tenga un perímetro de 1039,04 mm, siendo válido

por ser menor a 1300 mm. (Ver *"Pliego de condiciones – Normativa propia de la competición"*).

#### 4.6.1.2 Sujeción de los componentes

En robots móviles diferenciales definidos anteriormente por Gromep, la base locomotriz estaba constituida por dos perfiles que servían de perímetro y dos perfiles de aluminio centrales, donde cada uno de ellos cargaba con el peso de un motor y su soporte para el eje que aguantara las ruedas y sus poleas con rodamientos. En este caso, debido a las limitaciones de perímetro, un único **perfil transversal** va a soportar el peso de los dos motores y el eje.



#### 4.6.1.3 Selección de la transmisión en la base locomotriz

Excluyendo la transmisión por engranajes, existen dos grupos de transmisiones: la transmisión por cadenas y por correas. Las cadenas se utilizan cuando se desea que resulte duradera en aplicaciones pesadas, sin necesidad de que ser sustituidas.

Dado que el caso de estudio es una aplicación ligera, no se requieren cadenas, ver [20]. Las correas están fabricadas con materiales flexibles, son más económicas, silenciosas y compactas que las cadenas, siendo idóneas para aplicaciones de robótica como la que se está estudiando.

Dentro de las correas, existen dos grupos: las trapezoidales y las síncronas. Las correas trapezoidales son lisas tanto en la superficie interior y la exterior (ver [8]), siendo la interior más estrecha que la exterior. En cambio, las correas síncronas se caracterizan por estar dentadas a lo largo de toda su superficie interior. De esta forma, a diferencia de las correas trapezoidales, no se produce por rozamiento, sino que sus dientes engranan con los de la polea, garantizando una relación de transmisión constante, potencia precisa y eficiente.

#### 4.6.1.4 Conjunto bola de apoyo

Además de las dos ruedas motrices se colocarán cuatro bolas de apoyo, una en cada extremo inferior de los perfiles.

Estos elementos permiten que sea capaz de girar y trasladarse con mayor facilidad que con unas ruedas convencionales, sin necesitar motores para su accionamiento.

Para la instalación de cada una de las bolas se diseñarán soportes adaptados a los perfiles escogidos. Tendrán una ranura adaptada para el encaje y un alojamiento para un tornillo de M4 junto a una tuerca en T. Para

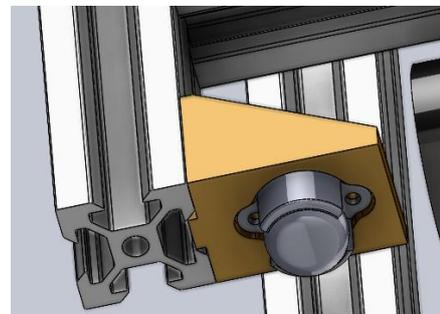


Figura 13: Conjunto bola de apoyo

sujetar las bolas, posee una hendidura con alojamientos para tornillos de M2 en la parte inferior que facilita que el elemento rodante pueda ir ligeramente embebido.

#### 4.6.1.5 Conjunto eje

Está compuesto por un eje de 8 mm de diámetro de acero inoxidable UNE-EN 10088-1:2015 y va sujeto al perfil central de la base locomotriz mediante una pieza diseñada para fabricarse FDM que envolverá el perfil transversal central (la pieza tiene 60 mm de largo y la envoltura del perfil es de 7,6 mm de ancho). La forma de sujeción del perfil es por ajuste entre el alojamiento y el eje, y con un tornillo de métrica M4 para asegurar el apriete del eje.

El conjunto soporta dos poleas, cuatro rodamientos y dos ruedas. Los rodamientos se ubican en cada rueda y en el interior de cada polea. Las dos poleas se sujetarán mediante tornillería a las ruedas, a las que se les ha diseñado unos cubre llantas que se amarran con los mismos tornillos, de forma que 5 tornillos pasan a través de los orificios que se han diseñado en las poleas y finalmente, atraviesan las llantas a través de agujeros pasantes que se han diseñado sobre ellas. Para evitar movimientos de las ruedas y las poleas sobre el eje, se instalará un collarín de fijación en cada uno de sus lados, así como casquillos entre el soporte del eje y las poleas.

La forma de amarre de la polea conducida con la rueda es mediante tornillería, teniendo en cuenta que adquirir una polea y realizar el mecanizado para los alojamientos de los tornillos posteriormente encarecería el proyecto y añadiría peso al robot, se ha optado por realizar la fabricación de la polea mediante FDM, pues el grupo de robótica tiene a su disposición el laboratorio de impresión 3D de la Epsa (Fablab). Para asegurar un uso fiable, en "Anexo III: Cálculos – Estudio de tensiones y deformaciones" se adjunta un estudio sobre la pieza que se considera más crítica.

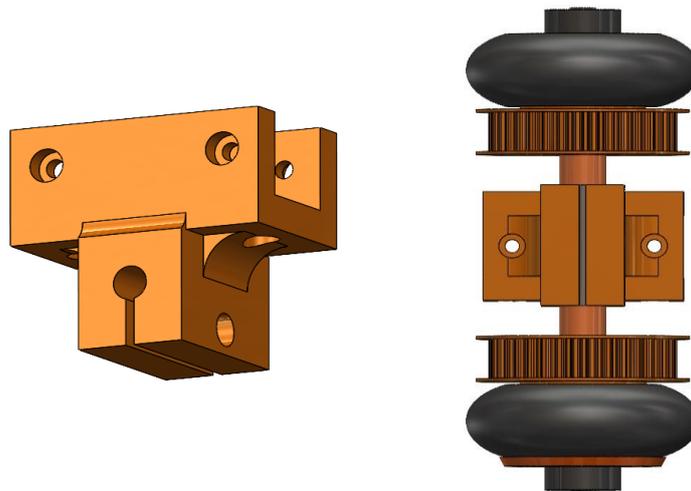


Figura 14: Sujeción eje y conjunto eje

## 4.6.2 Diseño de la parte elevadora

### 4.6.2.1 Recogida de las bolas desde el expositor

Un elemento, Garra, fabricado por FDM y accionado mediante un servomotor Dynamixel AX-12a, tiene la función de ayudar mediante el movimiento rotatorio del motor a que las 10 cerezas puedan entrar en la caja, tanto cuando el robot se encuentra estático, como en movimiento. El motor se fijará en la base de la caja que contendrá las pelotas. Su geometría envolvente permite ocupar el mínimo espacio cuando está desplegada, facilitando así que las cerezas puedan entrar en la caja.



Figura 15: Garra y expositor de las cerezas

La caja cubre una de las partes laterales del robot y posee una inclinación en su interior para que las cerezas puedan rodar hasta la rampa que las conducirá a la cesta cuando la caja se haya elevado por completo. Para mayor detalle del diseño de las rampas, consultar *“Anexo II: Mejoras técnicas – Reducción de fricción en las rampas”*.

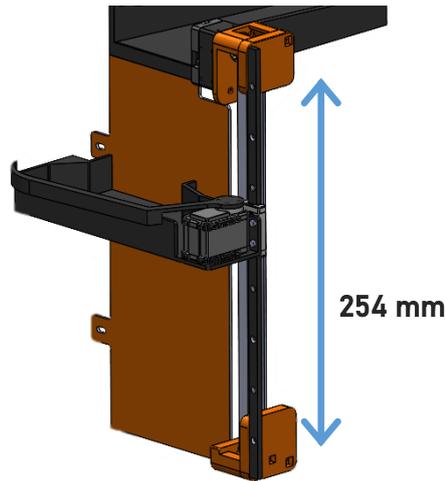
Una vez establecido el procedimiento de diseño, es necesario saber cuántos grados de inclinación necesitarían las rampas para que las cerezas puedan rodar con facilidad. Realizando ensayos con varios modelos de rampas, se determinó la inclinación adecuada para que las pelotas puedan rodar adecuadamente. En *“Documento N.º 7: Planos – Plano N.º 23 y N.º 24”* se localizan las medidas de las rampas. La caja dispondrá de una ranura para el cable que conecta la placa que controla el motor, así como alojamientos para la tornillería que fijará el motor a la caja y otros para la caja y la guía.

### 4.6.3 Elevación de la caja

Una vez las diez cerezas han entrado en la caja, el servomotor Dynamixel XM430 se activa para elevar la caja mientras el robot avanza y dado que según normativa del Eurobot las bolas deberán caer dentro de la **cesta** desde una altura igual o superior a 300 mm, **la caja ascenderá** accionada por una correa y una guía de rodamientos de bolas con recirculación en 2 filas hasta que su base se encuentre a una altura superior o igual a 300 mm, para dejar caer las en el momento apropiado. El **separador** colocado entre la caja y el interior del robot permitirá que las bolas no salgan hasta que haya alcanzado su completa elevación.

El sistema motriz de la parte elevadora será similar al de la base locomotriz; se basa en una polea amarrada al motor a través de un acoplamiento donde tanto las poleas como el acople, están fabricados mediante FDM. Entre la polea conductora y conducida del sistema, se cumple una relación 1:1, ya que no resulta necesario aplicar una reducción ni una ampliación de la velocidad.

A nivel de diseño, será crucial que base de la garra alcance los 46 mm desde el suelo para superar la altura del expositor, dado que tiene esta altura. También habrá que asegurarse de que la base de la caja supera los 300 mm. El diseño de los soportes para las poleas se ha realizado permitiendo el mayor recorrido posible para el patín, de forma que pueda llegar hasta las poleas, sin impactar. Para cumplir con la longitud que el patín quiere abarcar (254 mm), se ha limitado la posición de las poleas y su tamaño.



#### 4.6.3.1 Enganche de la correa con la caja.

Para cumplir con el límite inferior, la distancia entre la base del enganche y el suelo nunca deberá de ser inferior a 30 mm, en caso de que lo fuese, se produciría un impacto con la polea conducida. Para cumplir con el superior, la distancia entre el enganche en la posición superior y el suelo será de 315,46 mm.

Se debe tener en cuenta que el diseño de un enganche debe alcanzar las distancias deseadas sin que los soportes para las poleas resulten un impedimento. Con la intención de conseguir que pueda entrar y alcanzar la mayor distancia posible, el enganche tiene que ser estrecho y las poleas lo más pequeñas posible. Para que se mantenga sujeto y pueda elevar la caja, el enganche debe presionar la correa síncrona de elevación, y fijarse mediante tornillería en la caja elevadora.

Las pelotas saldrán el robot a la altura de 303,74 mm, superando la altura estipulada por normativa de 300 mm. Por tanto, se ha ajustado la medida de la caja para enrase con el expositor sin tocar la polea inferior.



Figura 16: Sistema de enganche de la caja

Poleas de la parte de elevación:

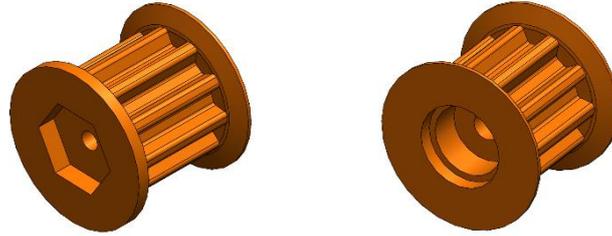


Figura 17: Poleas conductora y conducida.

#### 4.6.4 Proceso de caída de las bolas

Cuando las bolas sean elevadas a la altura máxima, superando el separador, las cerezas rodarán por una rampa con una inclinación de 3 grados y caerán dentro de la cesta a la altura estipulada. La técnica de fabricación de las rampas se detalla en *"Anexo II: Mejoras técnicas"*. Esta rampa estará sujeta al perfil superior y lateral del robot mediante tornillería.

### 4.7 Selección de los principales componentes comerciales

#### 4.7.1 Motores eléctricos

Para asegurar un correcto posicionamiento, Gromep plantea adquirir motores con encoder. La ventaja de su uso es un mayor control de las aceleraciones y los frenados. No obstante, se requiere que pueda controlarse sin la presencia de estos sensores para asegurar el funcionamiento en un posible caso de error de programación o no implementación. En *"Anexo III: Cálculos. Control de posición"* se han desarrollado las ecuaciones de control para implementar en el caso de que el equipo utilice sensor encoder.

##### 4.7.1.1 Comparativa con otros modelos

Los motores de la parte elevadora vienen elegidos por Gromep, por lo que para la selección de los de la base locomotriz se deberá decidir qué velocidad que se quiere conseguir con ellos.

El Grupo ha establecido que la velocidad debe ser más lenta a la que se alcanzó realmente el robot diseñado para la edición anterior. El robot de la edición 2022 era capaz de alcanzar 118,29 rpm (0,87 m/s), como velocidad de salida en las ruedas, una velocidad que no se llegó a alcanzar en ningún momento, sino que la velocidad máxima alcanzada se encontraba entorno al 60% de la velocidad total de salida.

Los motores de los que se disponía son Maxon 382010, capaces de alcanzar una velocidad en vacío máxima de 6920 rpm. Aunque con los motores mencionados se pueden hacer funcionar a una velocidad menor, su peso y su coste económico, no es posible su adquisición.



Figura 18: Combinación Reductor-Motor-Sensor (Maxon 382010)

Característica	Valor
Voltaje	12 V
Velocidad con carga cero	6920 rpm
Par de bloqueo "Stall torque"	1,72 Nm
Eficiencia máxima	88%
Relación de transmisión	26:1

Tabla 4: Características motor Maxon 382010. Fuente: MaxonMotor

#### 4.7.1.2 Par necesario

Se debe valorar el par máximo y el par continuo que ofrece, así como las dimensiones de los motores. Los motores Maxon 382010 alcanzan un par máximo de 2,4 Nm, aunque nunca se llega a dicho par. El resto de los motores de los robots que compiten en el Eurobot, los motores NEMA23 del equipo Red Wire tienen un par de 1 Nm. Dado que la actividad que tiene que hacer el robot del proyecto es similar a la de estos robots mencionados (en cuanto a arranques y paradas, velocidades, carga...), se va a buscar un motor que tenga unas características de par similares.

#### 4.7.1.3 Par de bloqueo "Stall torque"

También conocido como par de parada, es el máximo que el motor puede generar cuando el rotor está bloqueado, no puede girar. Esto sucede cuando el motor ha sufrido una sobrecarga o existe una obstrucción física. El par de bloqueo se emplea como una unidad de medida del par máximo que es capaz de desarrollar el motor, aunque se trata de un rendimiento crítico. Ver [18].

#### 4.7.1.4 Velocidad con carga cero.

La velocidad que a la que llega el motor en estas condiciones es la máxima que puede llegar a realizar. A mayor velocidad de giro de un motor, menor par podrá desarrollar.

#### 4.7.1.5 Motor seleccionado

Teniendo en cuenta la influencia de estos factores, se ha optado por elegir el motor **Pololu - 50:1 Metal Gearmotor**. Estos motores son empleados comúnmente en aplicaciones de robótica y electrónica. El grupo considera que, dada la experiencia con el primer robot presentado motor Maxon 382010 es un motor que se acerca bastante a las características que se necesitan. La velocidad en carga cero se reduce, no obstante, ya que la velocidad de salida en la edición anterior era de 118,29 rpm, se considera que es aceptable puesto que la velocidad no es un objetivo.



Figura 19: Motor seleccionado. Fuentes: [Pololu](#)

Característica	Valor
Voltaje	12V
Velocidad con carga cero	200 rpm
Par de bloqueo "Stall torque"	21 kg-cm (2,06 Nm)
Eficiencia máxima	51%
Relación de transmisión	50:1
Par en su eficiencia máxima	2,2 kg-cm (0,22 Nm)
Velocidad en su eficiencia máxima	180 rpm

Tabla 5: Características motor Pololu. Fuente: [Pololu](#)

La alimentación del robot se va a realizar mediante dos baterías tipo LiPo de 11,1 V cada una, 5000mAh y 3 celdas.



Figura 20: Batería LiPo. Fuente: [rc-innovations](#)

El control del motor se va a realizar mediante la controladora Pololu Dual VNH5019, adaptable a una placa Arduino UNO. Estas placas son capaces de operar en un rango entre 5,5 y 24 V, suministrado una señal de corriente continua de 12 A por motor.

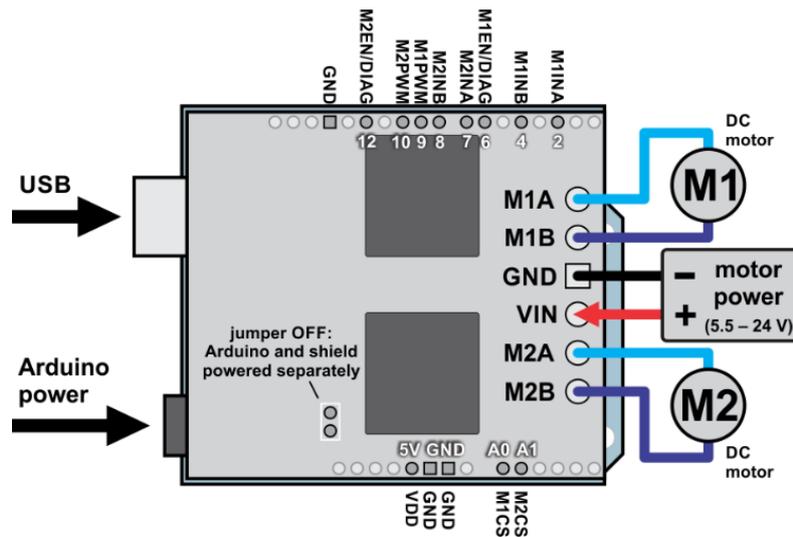


Figura 21: Esquema controladora. Fuentes: [Pololu](#)

Adicionalmente, este motor posee Encoder, un sensor medidor de pulsos que permite convertir la posición angular a una señal digital, con lo cual se utiliza para el control y posicionamiento de un sistema motriz [9]. El incorporado en el motor seleccionado es capaz de contar 64 pulsos por revolución, lo que se traduce en 3200 pulsos por revolución en el eje de salida del motor.



Figura 22: Pulsos del encoder seleccionado. Fuente: [Pololu](#)

#### 4.7.2 Ruedas y eje central

La selección se ha realizado desde el comerciante Pololu, una empresa de suministro de componentes de electrónica y robótica cuyos productos abarcan desde sensores, electrónica para el control de movimiento, ruedas, motores o incluso robots completos. Ofrece ruedas resistentes, de poco deslizamiento, disponibles para ejes de diferentes diámetros y fabricadas con poliuretano negro, indicadas para patines y patinetes.

Dado el motor que se ha seleccionado, se han valorado dos diámetros de rueda: 70 mm o 80 mm. Para realizar una selección óptima, se analizará qué parámetros influyen para la elección de una rueda. Estos son:

- La ubicación del centro de masas, cuanto más bajo se encuentre, más estable será el robot.
- Con ruedas más pequeñas, el robot también responderá mejor ante aceleraciones y maniobras, ya que tardarán menos en dar una vuelta completa, una ventaja dado que el posicionamiento debe ser lo más preciso posible.
- Para favorecer el cumplimiento de la altura definida para el robot, será conveniente escoger la rueda de menor diámetro.

Dadas las ventajas que supone una rueda pequeña y el valor obtenido, se ha decidido seleccionar unas ruedas de diámetro 70 mm. Según el fabricante, estas ruedas están fabricadas para ser ajustadas a unos rodamientos tipo 608, de bolas con ranura profunda y con un diámetro interior de rodamiento de 8mm, por lo que el eje seleccionado para la base locomotriz deberá cumplir esta medida.

#### 4.7.3 Poleas de la base locomotriz

Para conseguir la velocidad que se quiere a la salida, hay que saber cuál es capaz de transmitir tanto la polea motriz como la conducida. Para proceder con la selección, primero se calculará la velocidad que se quiere a la salida en función de las características del motor. El fabricante, a través de su página web, pone a disposición la curva característica, una gráfica en la que se muestran tres curvas, la de potencia del motor, la eficiencia y la velocidad con la intención de describir el comportamiento.

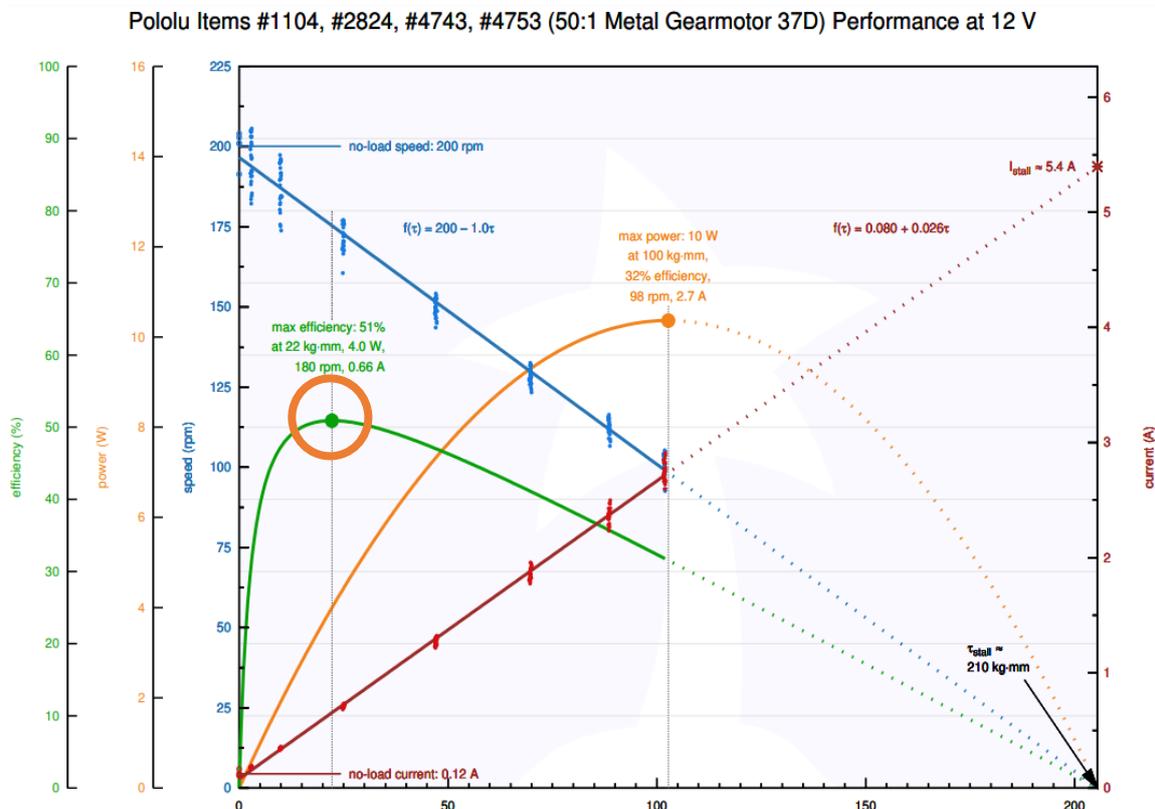


Gráfico 1: Curva potencia/eficiencia/velocidad - par

Se observa que con un par de 2,2 kg-cm, está trabajando en su máximo rendimiento (eficiencia máxima 51%). Aquí, la potencia consumida es de 4 W y la velocidad de 180 rpm. Para que el motor funcione adecuadamente, el punto de trabajo siempre tiene que ser lo más cercano posible al punto de máxima eficiencia, por lo que la velocidad de salida se calculará en este punto.

Una vez se conoce la velocidad en la salida, se seleccionará la polea conductora y luego, la polea conducida. Se puede recurrir al desarrollo en *"Anexo III: Cálculos - 3.1. Cálculos para la selección de las poleas"*

#### **4.7.3.1 Selección de la polea conducida**

Se va a realizar una relación de reducción para obtener en la salida la velocidad que se quiere. La polea conducida es la que se encuentra más restringida debido al diámetro, ya que necesariamente, no puede superar el de la rueda, por tanto, será la primera a seleccionar.

Como se explica en el apartado *"4.6.1.3. Selección de la transmisión en la base locomotriz"* se va a elegir un sistema de transmisión con correas síncronas. Además, en el *"Anexo III. Cálculos - 3.1.2. Cálculos para la selección de la correa de la base locomotriz"* se analizará si los flancos son necesarios.

#### **4.7.3.2 Selección de la polea conductora**

Para seleccionar la polea conductora, el procedimiento es sencillo dado que se conoce la velocidad de salida, la velocidad de entrada y la medida de la polea conducida, por lo que se utiliza la relación de transmisión conocida a través de las velocidades para hallar el diámetro primitivo de la conductora. El post procesado que se realizará a esta polea es realizar un taladrado sobre la parte sin dentado para amarrar la polea al chavetero del motor mediante un tornillo prisionero.

#### **4.7.4 Rodamientos**

En [21] se explica que los parámetros que influyen en la selección de los rodamientos son:

- El peso total del robot: teniendo en cuenta los componentes es de 3,36 kg.
- Velocidad de rotación: Según los motores seleccionados, la velocidad máxima que se podría llegar a alcanzar es de 200 rpm, en el caso más desfavorable que sería con carga cero.
- Vibración: se pretende conseguir un sistema preciso con la menor vibración posible.
- Tiempo de uso: En la competición, el robot se utilizará en el momento la partida por un tiempo de 100 segundos. Durante los ensayos se utilizará por periodos de máximo 100 segundos, llegando a un tiempo de uso total de 40 horas en el caso más desfavorable.
- Ambiente de operación: el robot se va a utilizar en un ambiente cerrado, sin condiciones adversas, suelo sin irregularidades.

#### 4.7.4.1 Comparativa entre los principales tipos

Según [1], respecto a los rodamientos de rodillo, la superficie de contacto de los rodamientos de bola con el aro es de un punto, permitiendo alcanzar mayores velocidades ya que la fricción es menor. En cambio, la capacidad de carga se reduce.

Los rodamientos se clasifican dependiendo de la fuerza que vayan a soportar, axiales o radiales. En el caso que se abarca, todos los rodamientos del robot soportan cargas radiales.

Teniendo en cuenta que se va a suponer un diámetro de eje de 8 mm para la base locomotriz y que el caso más desfavorable de carga estática en el caso de los rodamientos de bola es de 300 N, se considera lo suficientemente aceptable para escoger unos rodamientos de bola.

Idoneidad de los rodamientos para aplicaciones industriales		Capacidad de carga		Desalineación		Disposición		Apto para				Características de diseño							
Símbolos		Carga radial	Carga axial	Carga de momento	Desalineación estática	Desalineación dinámica (con sobrecarga de golpe)	Con fijación	En fijación	Ajuste	Fijación	Largo radial de la jamba	Alta velocidad	Reparación	Alta rigidez	Expulsión	Salida integral	Montaje en una separadora	Alguno cónico	Reservorio lubricante y autoaceptación
Tipo de rodamiento Rodamientos rígidos de bolas		+	+++	A-, B+	-	---	++	□	X	✓	A+++ B++	A+++ B+	A+++ B++	+	+++	✓	X	X	X

Figura 23: Clasificación de rodamientos

En "Anexo III: Cálculos - Cálculos para la selección de los rodamientos" se detallan más características.

### 4.8 Resumen de los componentes diseñados

#### 4.8.1 Parte estructural

##### 4.8.1.1 PERFILES

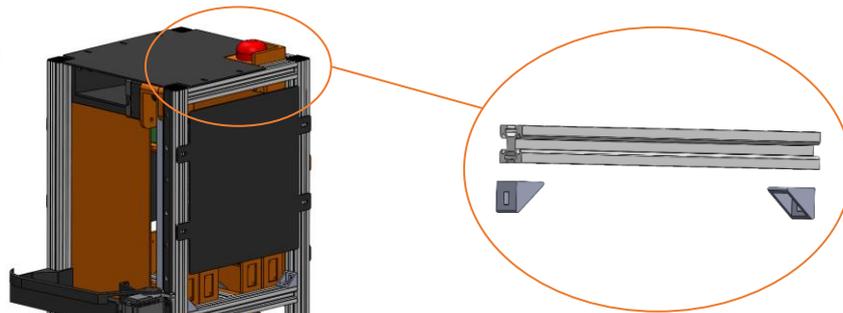


Figura 24: Perfiles

Restricciones				
Perfiles verticales	Todos deben cumplir la misma medida, paralelismo entre las caras cortadas			
Perfiles horizontales A				
Perfiles horizontales B				
Dimensiones				
Pieza	Ancho (mm)	Largo (mm)	Espesor (mm)	Nº Plano
Perfiles verticales	20	340	20	1

Perfiles horizontales A		180		2
Perfiles horizontales B		170		3
<b>Especificaciones de fabricación</b>				
Pieza	Masa (kg)	Material	Proceso de fabricación	Cantidad de piezas
Perfiles verticales	0,09	Aluminio AW-6060	Secundario; corte mediante sierra circular	4
Perfiles horizontales A	0,085			6
Perfiles horizontales B	0,08			3
<b>Unión con otros componentes</b>				
Pieza	Proceso	Elemento de unión	Dimensiones	Cantidad de elementos de unión
Perfiles verticales	Unión de los perfiles	Escuadras	M4 Ranura 20x20mm	12
Perfiles horizontales A		Tornillo	Ø4.3 mm M4x12 mm DIN912	12
Perfiles horizontales B		Tuerca	M4 Tuerca para perfiles tipo-T	12

### Base locomotriz

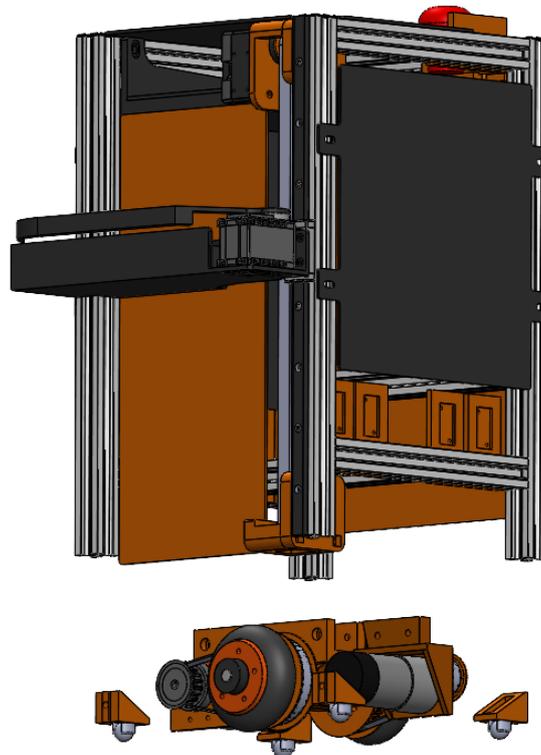


Figura 25: Base locomotriz

#### 4.8.1.2 EJE

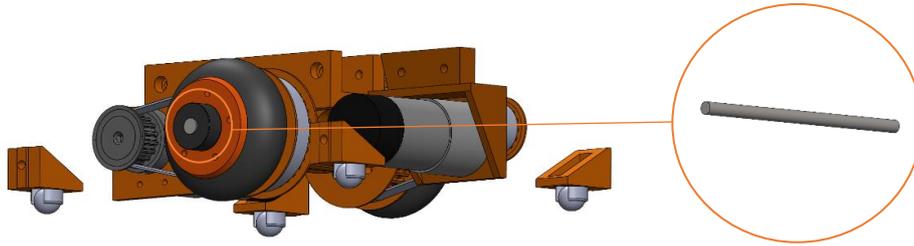


Figura 26: Eje

Restricciones			
Largo Inferior al ancho del robot, permitiendo espacio a la caja			< 200 mm
Dimensiones			
Largo (mm)	Diámetro (mm)	Espesor (mm)	N.º Plano
160	8	-	4
Especificaciones de fabricación			
Masa (kg)	Material	Proceso	Cantidad de piezas
0.0643	Acero 1.4301 (AISI 304)	Corte de eje (sierra circular)	1
Unión con otros componentes			
Proceso	Elementos de unión	Dimensiones	Cantidad de elementos de unión
Unión al soporte	Tornillería	Ø 8.2 M8x25 DIN 912	1
	Tuercas	Ø 8.2 M8 DIN 934	
Unión a las ruedas y poleas	Rodamientos	Ø int. 8mm Ø ext. 22mm DIN 625	4

#### 4.8.1.3 POLEAS

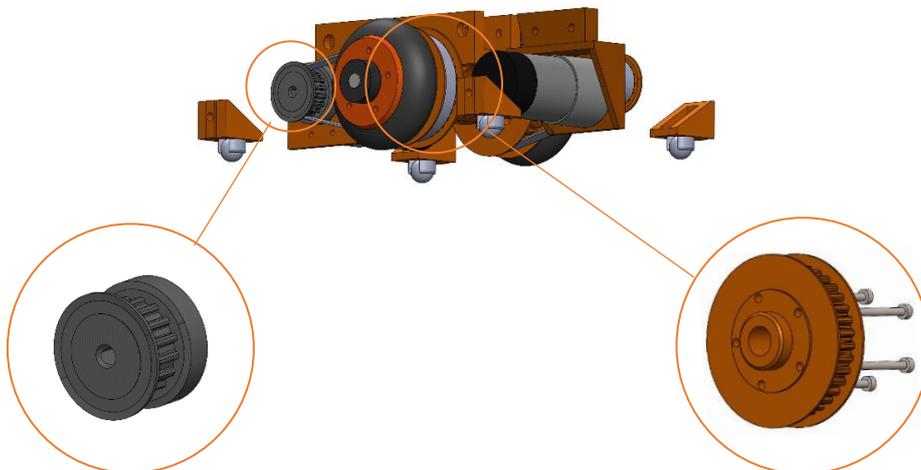


Figura 27: Poleas de la base locomotriz

Restricciones				
Polea conductora	Enganche fiable con el eje del motor, acople de geometría hexagonal			
Polea conducida	Canal nunca inferior al de la correa			
Dimensiones				
Pieza	Diámetro externo (mm)	Canal (mm)	Espesor (mm)	Nº Plano
Polea conductora	32	13	21,31	5
Polea conducida	64		15	6
Especificaciones de fabricación				
Pieza	Masa (kg)	Material	Proceso de fabricación	Cantidad de piezas
Polea conductora	6.3e-3	ABS	Extrusión de material	1
Polea conducida	9.1e-3		Extrusión de material	
Unión con otros componentes				
Pieza	Proceso	Elementos de unión	Dimensiones	Cantidad de elementos de unión
Polea conducida	Amarre del conjunto rueda - polea - eje	Rodamientos	Ø 3.3 mm M3x40 mm DIN 912	2
		Tornillería	Ø 3.3 mm M3 DIN 934	1
Polea conductora	Unión con el eje del motor	Tornillo prisionero	Ø 2.7 mm M2x mm ISO 4029	1

#### 4.8.1.4 SOPORTE DEL MOTOR

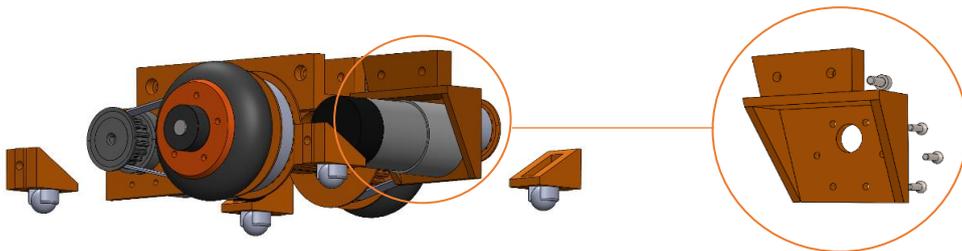


Figura 28: Soporte del motor

Restricciones			
Menor volumen posible de la pieza, elevada resistencia para el motor para garantizar el tensado de la correa			
Dimensiones			
Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Nº Plano
65	64.64	24	7
Especificaciones de fabricación			
Masa (kg)	Material	Proceso de fabricación	Cantidad de componentes

0,027	ABS	Extrusión de material	2
<b>Unión con otros componentes</b>			
<b>Proceso</b>	<b>Elementos de unión</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Cantidad de elementos de unión</b>
Amarrar el soporte al motor	Tornillería	M2x12 DIN912	6
Amarrar el soporte al perfil de aluminio	Tornillería	M4x12 DIN 912	2
	Tuercas	M4 Ref. 3842523135	

#### 4.8.1.5 SOPORTE DEL EJE

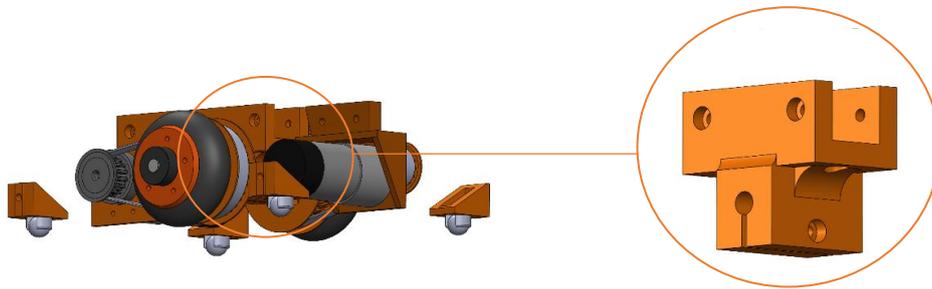


Figura 29: Soporte del eje

<b>Observaciones</b>			
Estructura reforzada, con presencia de redondeos con el fin de evitar el colapso de la base locomotriz.			
<b>Dimensiones</b>			
Alto (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Nº Plano
55	60	40	8
<b>Especificaciones de fabricación</b>			
Masa (kg)	Material	Proceso de fabricación	Cantidad de componentes
0,067	ABS	Extrusión de material	1
<b>Unión con otros componentes</b>			
<b>Proceso</b>	<b>Elemento de unión</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Cantidad de elementos de unión</b>
Amarre del soporte al perfil de aluminio	Tornillería	Ø 4.3 mm M4x35 mm DIN 912	2
	Tuercas	M4 Ref. 3842523135	
Orificio pasante para el eje	Tornillería	Ø 4.3 mm M4x25 mm DIN 912	1
	Tuercas	Ø 4.3 mm M4 DIN 934	

#### 4.8.1.6 CASQUILLOS

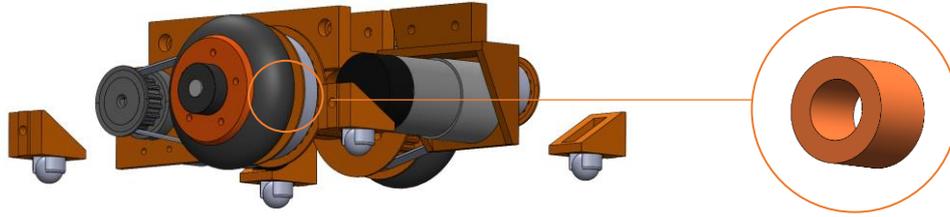


Figura 30: Casquillos

Dimensiones			
Diámetro externo (mm)	Diámetro interno (mm)	Largo (mm)	Nº Plano
13,88	8	10	9
Especificaciones de fabricación			
Masa (kg)	Material	Proceso de fabricación	Cantidad de componentes
0,93e-3	PLA	Extrusión de material	2
Unión con otros componentes			
Proceso	Elemento de unión	Dimensiones	Cantidad de elementos de unión
Orificio pasante ajustable a presión al eje	-	Ø 8 mm	1

#### 4.8.1.7 CUBRE LLANTAS

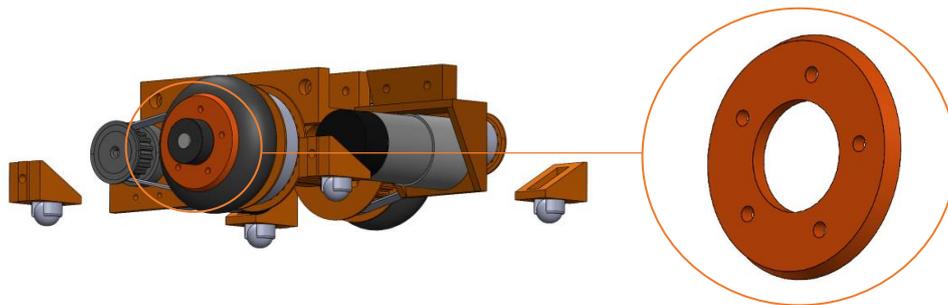


Figura 31: Cubre llantas

Restricciones	
Longitud nunca superior al diámetro de la llanta de la rueda del robot	$\leq 50$ mm
Dimensiones	
Diámetro externo (mm)	Diámetro interno (mm)
50	23
Esesor (mm)	Nº Plano
3 mm	10
Especificaciones de fabricación	
Masa (kg)	Material
Proceso de fabricación	Cantidad de componentes

1,1e-3	PLA	Extrusión de material	2
<b>Unión con otros componentes</b>			
Proceso	Elemento de unión	Dimensiones	Cantidad de elementos de unión
Fijación cubre llantas - rueda - polea mediante las llantas	Tornillería	Ø 3,3 mm M3x40 mm DIN 912	5
	Tuerca	Ø 3,3 mm M3 DIN 934	5

#### 4.8.1.8 SOPORTE DE LAS BOLAS DE APOYO

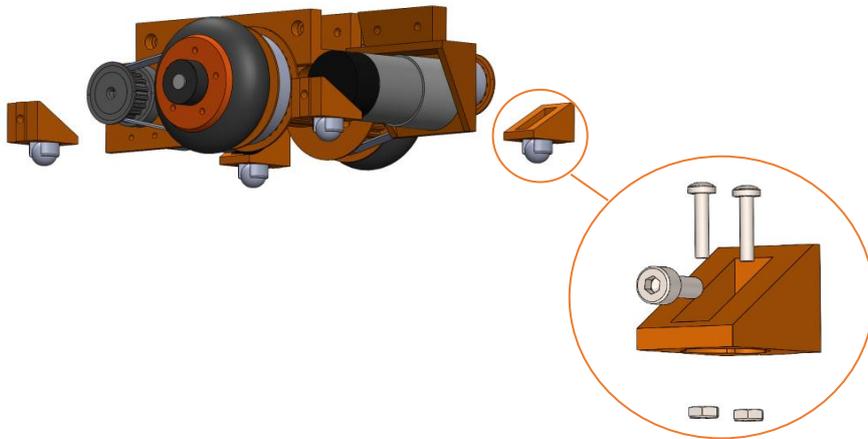


Figura 32: Soporte de las bolas de apoyo

Dimensiones			
Alto (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Nº Plano
20	30.5	20	11
Especificaciones de fabricación			
Masa (kg)	Material	Proceso de fabricación	Cantidad de componentes
0,0059	ABS	Extrusión de material	4
Unión con otros componentes			
Proceso	Elemento de unión	Dimensiones	Cantidad de elementos de unión por pieza
Fijación a los perfiles de aluminio	Tornillería	Ø 4,2 mm M4x14 mm DIN 912	1
	Tuerca	M4 Nºref. 3842523135	1
Fijación de la bola al soporte	Tornillo	Ø 4.2 mm M4x14 mm DIN 912	2
	Tuerca	M2,5 DIN 934	2

## 4.8.2 Parte elevadora

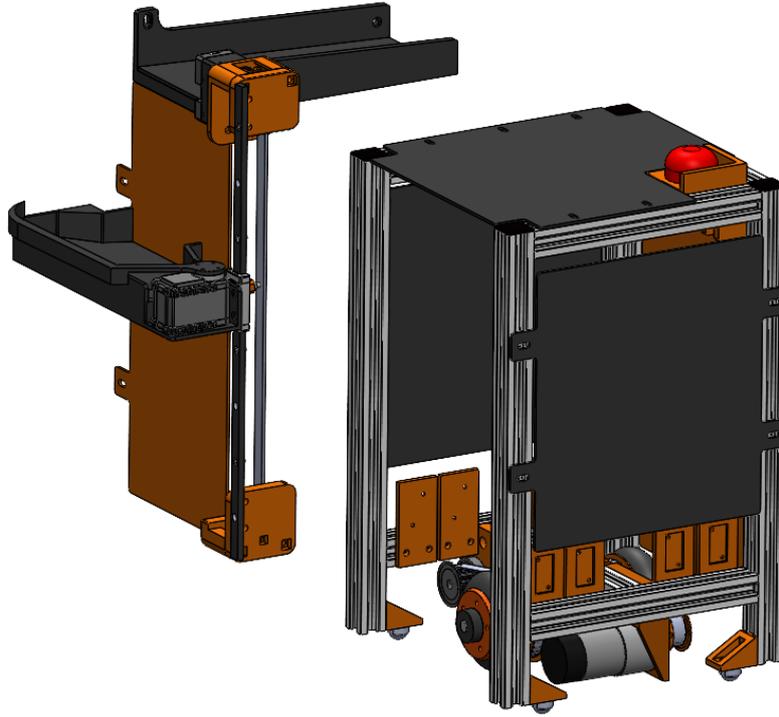


Figura 33: Parte elevadora

### 4.8.2.1 SOPORTES

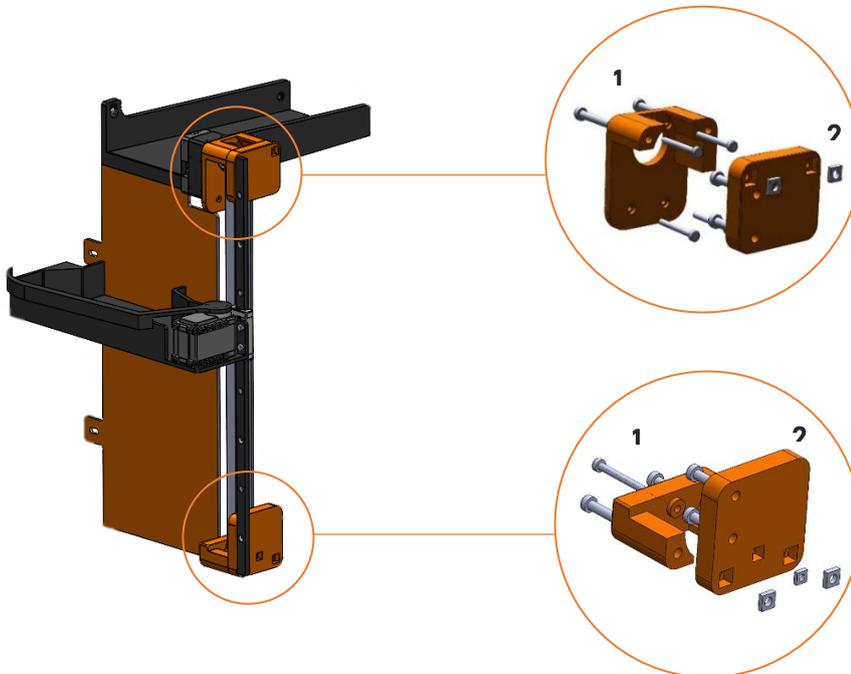


Figura 34: Soportes parte elevadora

Restricciones				
Soporte inferior 1	Menor altura posible para dar mayor recorrido al patín		180 mm	
Soporte inferior 2	Ubicar el eje (tornillo) de la polea lo más bajo posible		13 mm (distancia base / centro del eje)	
Dimensiones				
Pieza	Alto (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Nº Plano
Soporte inferior 1	180	50	32.5	12
Soporte inferior 2	50		11.65	13
Soporte superior 1	57		28	14
Soporte superior 2	50		11.65	15
Especificaciones de fabricación				
Pieza	Masa (kg)	Material	Proceso de fabricación	Cantidad de piezas
Soporte inferior 1	0,0159	ABS	Extrusión de material	1
Soporte inferior 2	0,023			
Soporte superior 1	0,0195			
Soporte superior 2	0,0188			
Unión con otros componentes				
Pieza	Proceso	Elementos de unión	Dimensiones (mm)	Cantidad de elementos de unión
Soporte inferior 1	Unión con soporte inferior 2	Tornillos	Ø 4,4 M4x18 DIN 912	2
			Ø 3,2 M3x40 DIN 912	1
Soporte inferior 2	Unión con soporte inferior 1, unión con la perfilería	Tornillos	Ø 4,4 M4x18	4
			Ø 3,2 M3x40	1
		Tuercas	Ø 4,4 M4 DIN 562	2
			Ø 3,2 M3 DIN 562	1
Soporte superior 1	Unión con soporte superior 2, unión con motor	Tornillos	Ø 4,4 M4x25 DIN 912	2
			Ø 3,2 M3x6 DIN 912	4
Soporte superior 2	Unión con soporte superior 2, unión con la perfilería	Tornillos	Ø 4,2 M4x12	4
		Tuercas cuadradas	Ø 4,4 M4 DIN 562	2

#### 4.8.2.2 POLEAS

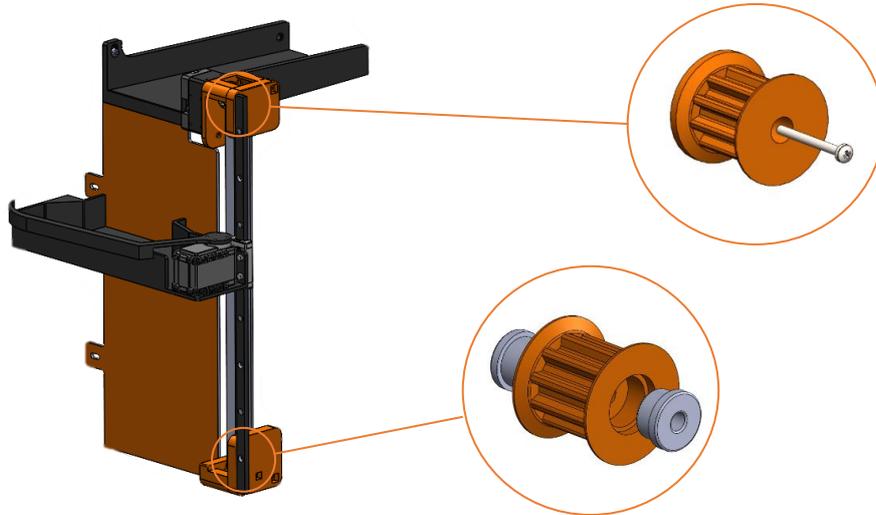


Figura 35: Poleas de la parte elevadora

Restricciones				
Polea conductora	Enganche fiable con el eje del motor, acople de geometría hexagonal			
Polea conducida	Alojamiento con precisión para el rodamiento y el eje (tornillo)			
Dimensiones				
Pieza	Diámetro externo (mm)	Canal (mm)	Espesor (mm)	Nº Plano
Polea conductora	19,5	13	16,89	16
Polea conducida				17
Especificaciones de fabricación				
Pieza	Peso	Material	Proceso de fabricación	Cantidad de piezas
Polea conductora	2,41e-3	ABS	Extrusión de material	1
Polea conducida	1,82e-3		Extrusión de material	
Unión con otros componentes				
Pieza	Proceso	Elementos de unión	Dimensiones (mm)	Cantidad de elementos de unión
Polea conducida	Unión el eje (tornillo)	Rodamientos	Øext: 8,2 Øint: 3,2 DIN 625	2
Polea conductora	Unión con acople del motor	Tornillería	Ø 2,7 M2x10 ISO 4029	1

#### 4.8.2.3 ACOPLE DEL SERVOMOTOR

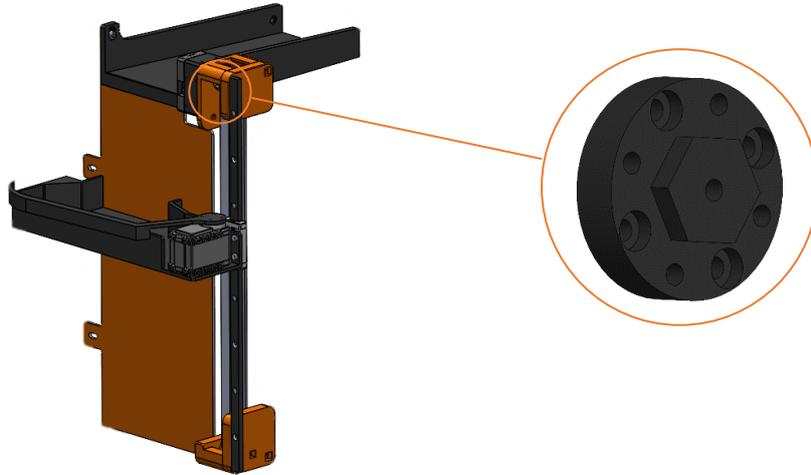


Figura 36: Acople del servomotor

Dimensiones			
Diámetro (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Nº Plano
20	6,89	-	18
Especificaciones de fabricación			
Masa (kg)	Material	Proceso de fabricación	Cantidad de piezas
1,37e-3	ABS	Extrusión de material	1
Unión con otros componentes			
Proceso	Elementos de unión	Dimensiones (mm)	Cantidad de elementos de unión
Unión con motor - polea	Tornillería	Ø 2,2 M2x8	6
		Ø 4,2 M4x16	4

#### 4.8.2.4 ENGANCHES

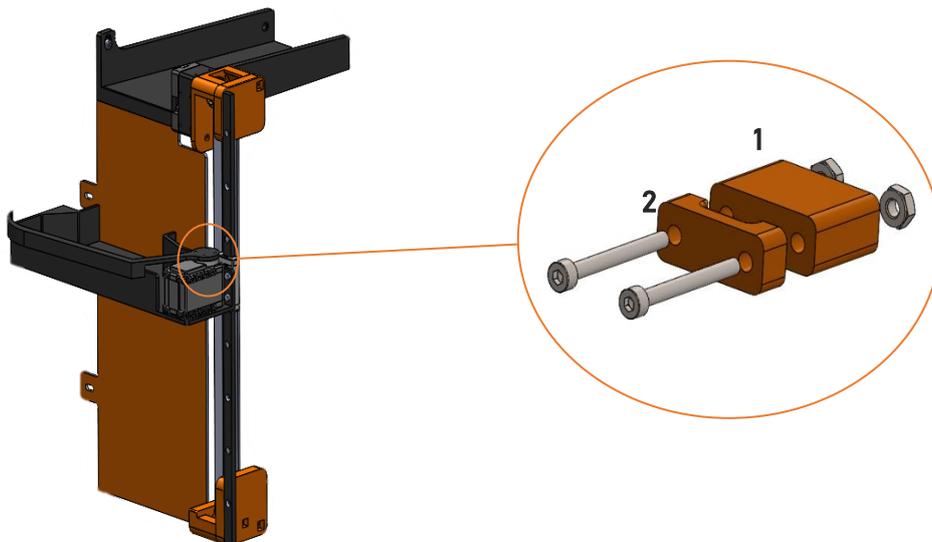


Figura 37: Enganches

Restricciones	
Enganche 1	Longitud adecuada para el hueco entre la caja y la correa

Enganche 2				
Dimensiones				
Pieza	Alto (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Nº Plano
Enganche 1	9	23	16,5	19
Enganche 2			6	20
Especificaciones de fabricación				
Pieza	Masa (kg)	Material	Proceso de fabricación	Cantidad de piezas
Enganche 1	0,00319	ABS	Extrusión de material	1
Enganche 2	0,00182		Extrusión de material	
Unión con otros componentes				
Pieza	Proceso	Elementos de unión	Dimensiones (mm)	Cantidad de elementos de unión
Enganche 1	Unión con tornillería a la caja y al enganche 2	Tornillería	Ø 3,2 M3x26 DIN 912	2
		Tuercas	Ø 3,2 M3 DIN 934	
Enganche 2	Unión con la correa	A presión	-	1

#### 4.8.2.5 CAJA

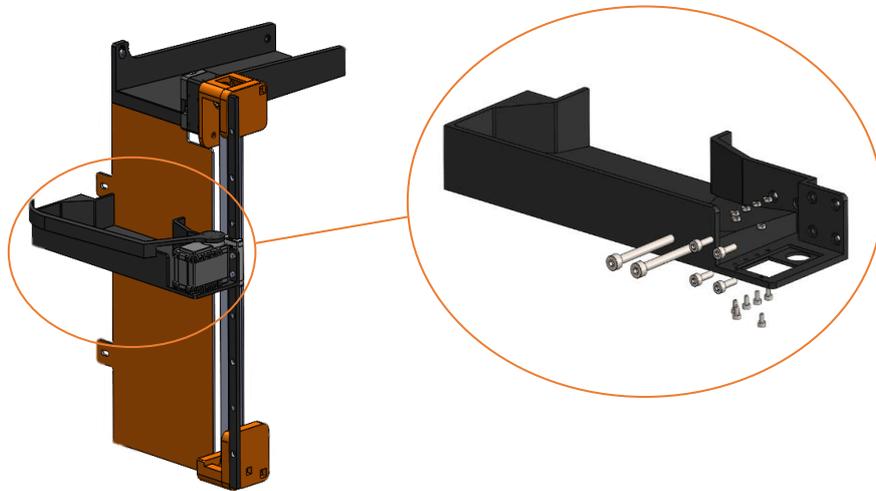


Figura 38: Caja

Restricciones			
Profundidad adaptada a la altura del soporte de cerezas			
Dimensiones			
Alto (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Nº Plano
30	210	82,2	21
Especificaciones de fabricación			
Masa (kg)	Material	Proceso de fabricación	Cantidad de piezas
0,082	PLA	Extrusión de material	1
Unión con otros componentes			

Proceso	Elementos de unión	Dimensiones (mm)	Cantidad de elementos de unión
Unión con motor	Tornillería	Ø 2,2 M2x8	6
Unión con patín		Ø 4,2	2
		M4x6	4

#### 4.8.2.6 GARRA PARA RECOGER CEREZAS

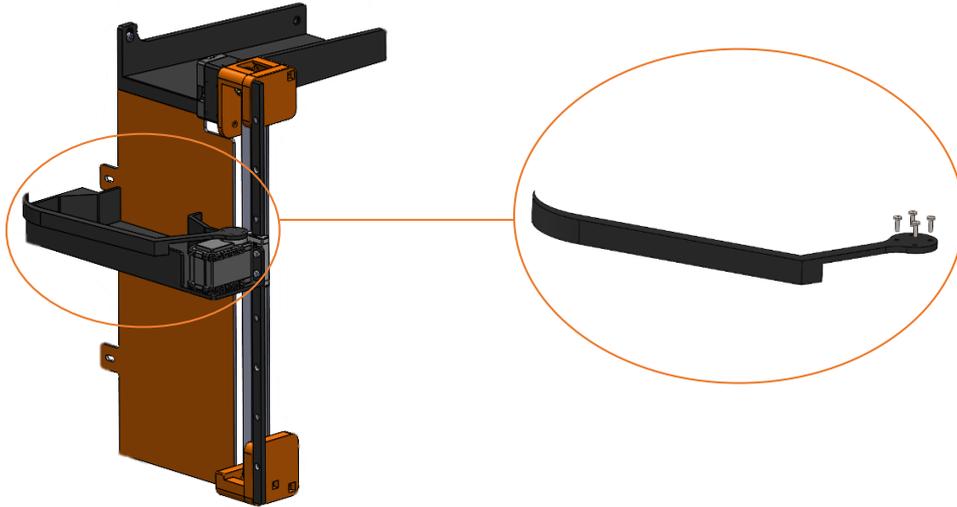


Figura 39: Garra

Restricciones			
Longitud restringida para no superar los límites impuestos al robot			200 mm
Dimensiones			
Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Nº Plano
200	75	11,8	22
Especificaciones de fabricación			
Masa (kg)	Material	Proceso de fabricación	Cantidad de piezas
0,0157	PLA	Extrusión de material	1
Unión con otros componentes			
Proceso	Elementos de unión	Dimensiones (mm)	Cantidad de elementos de unión
Unión al servomotor	Tornillería	Ø 2,2 M2x6	4

#### 4.8.2.7 RAMPAS PARA LA CAJA

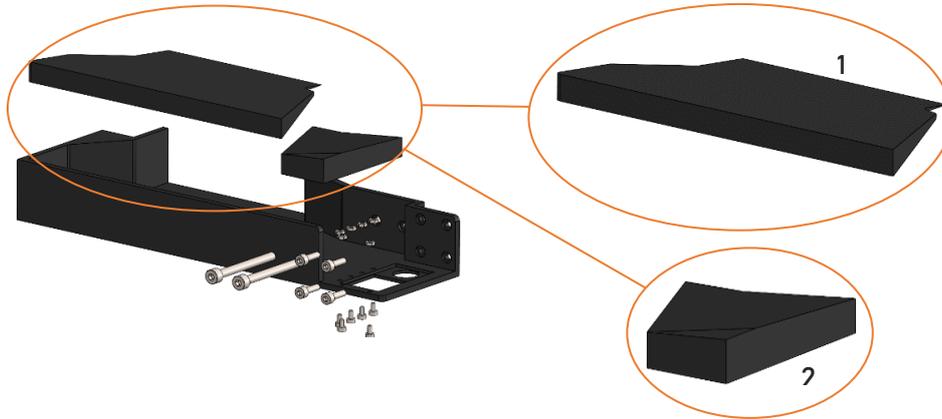


Figura 40: Rampas para la caja

Restricciones				
Rampa 1	Rampas con la inclinación necesaria para facilitar la caída de las cerezas			
Rampa 2				
Dimensiones				
Pieza	Largo (mm)	Ancho (mm)	Alto (mm)	Nº Plano
Rampa 1	146,26	79,2	10	23
Rampa 2	63,84	57,42	12,2	24
Especificaciones de fabricación				
Pieza	Masa (kg)	Material	Proceso de fabricación	Cantidad de piezas
Rampa 1	0,131	PLA	Extrusión de material	1
Rampa 2	0,039	PLA	Extrusión de material	
Unión con otros componentes				
Rampa 1	Encaje a la caja			
Rampa 2				

#### 4.8.2.8 RAMPAS

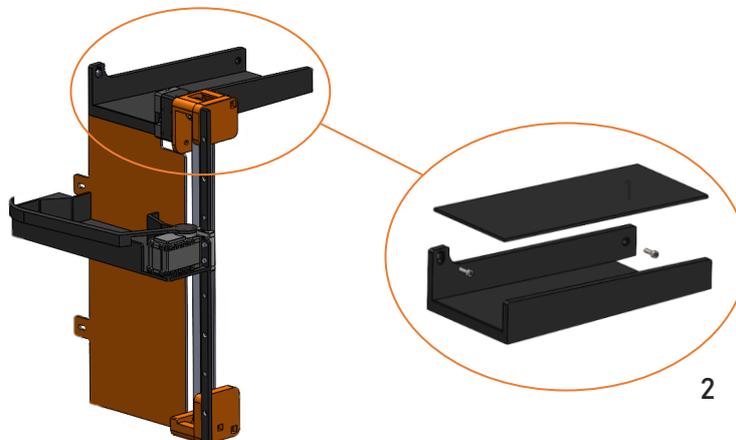
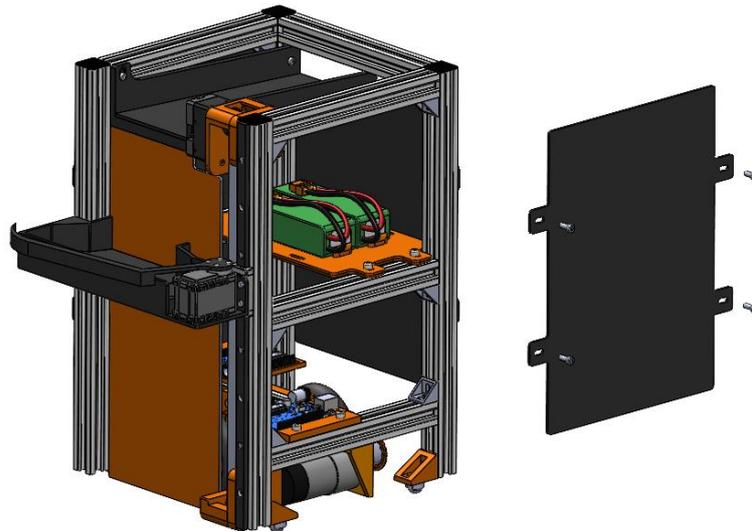


Figura 41: Rampas

Restricciones				
Rampa 1	Mínimo espesor posible			
Rampa 2	Enganche por tornillería con los perfiles			
Dimensiones				
Pieza	Largo (mm)	Ancho (mm)	Alto (mm)	Nº Plano
Rampa 1	199,5	84	2,5	25
Rampa 2	199,5	95	50,94	26
Especificaciones de fabricación				
Pieza	Masa (kg)	Material	Proceso de fabricación	Cantidad de piezas
Rampa 1	0,039	PLA	Extrusión de material	1
Rampa 2	0,131	PLA	Extrusión de material	
Unión con otros componentes				
Rampa 1	Encaje a la caja			
Rampa 2				

### 4.8.3 Componentes internos



*Figura 42: Componentes internos*

#### 4.8.3.1 SOPORTES PARA LAS PLACAS

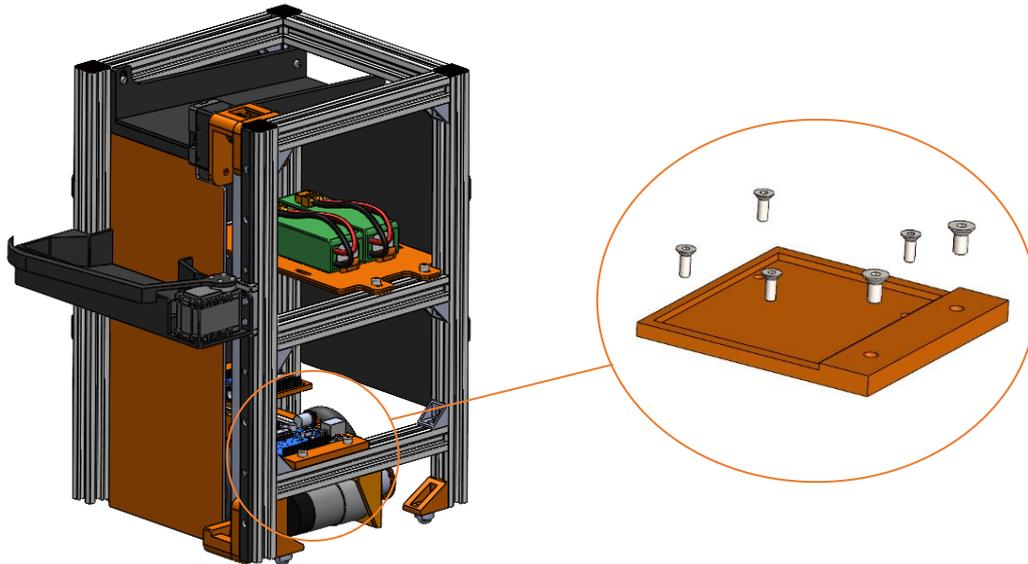


Figura 43: Soportes para las placas

Restricciones			
Asegurar la concentricidad de los orificios de las placas con los de los soportes			
Dimensiones			
Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Nº Plano
77,19	75,11	6	27
Especificaciones de fabricación			
Masa (kg)	Material	Proceso de fabricación	Cantidad de piezas
15,98e-3	PLA	Extrusión de material	1
Unión con otros componentes			
Proceso	Elementos de unión	Dimensiones (mm)	Cantidad de elementos de unión
Unión con la placa	Tornillería	Ø 2,2 M2x8 - DIN 912	4
Unión con perfilería		Ø 4,2 M4x12 - DIN 912	2

#### 4.8.3.2 SOPORTE PARA LAS BATERÍAS

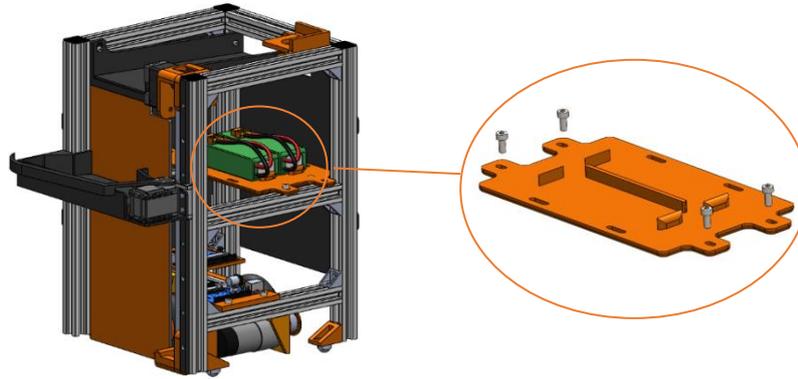


Figura 44: Soporte para las baterías

Restricciones			
Ajuste a la medida de las baterías			
Dimensiones			
Alto (mm)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Nº Plano
13	210	160	28
Especificaciones de fabricación			
Masa (kg)	Material	Proceso de fabricación	Cantidad de piezas
103.891e-3	PLA	Extrusión de material	1
Unión con otros componentes			
Proceso	Elementos de unión	Dimensiones (mm)	Cantidad de elementos de unión
Unión con perfilería	Tornillería	Ø 4.2 M4x12 - DIN 912	4
	Tuercas	M4 Ref. 3842523135	

#### 4.8.3.3 SOPORTE PARA EL BOTÓN DE EMERGENCIA

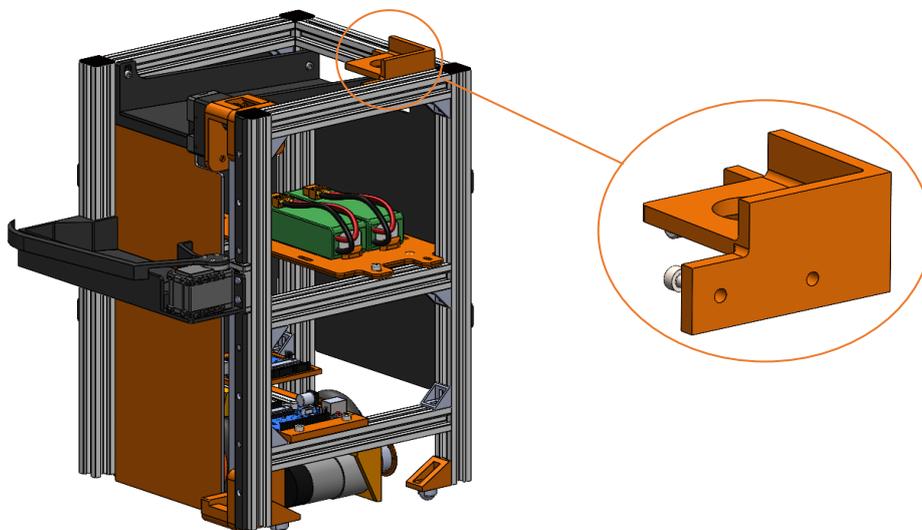


Figura 45: Soporte para el botón de emergencia

Restricciones			
Permite contener la pieza que sujeta el botón de emergencia			Diámetro ajustado al de la rosca del botón (22 mm)
Dimensiones			
Alto (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Nº Plano
35,91	70	70	29
Especificaciones de fabricación			
Masa (kg)	Material	Proceso de fabricación	Cantidad de piezas
29,60e-3	PLA	Extrusión de material	1
Unión con otros componentes			
Proceso	Elementos de unión	Dimensiones (mm)	Cantidad de elementos de unión
Unión con perfilera	Tornillería	Ø 4,2 M4x12 - DIN 912	4
	Tuercas	M4 Ref. 3842523135	

#### 4.8.3.4 SOPORTE PARA EL FINAL DE CARRERA

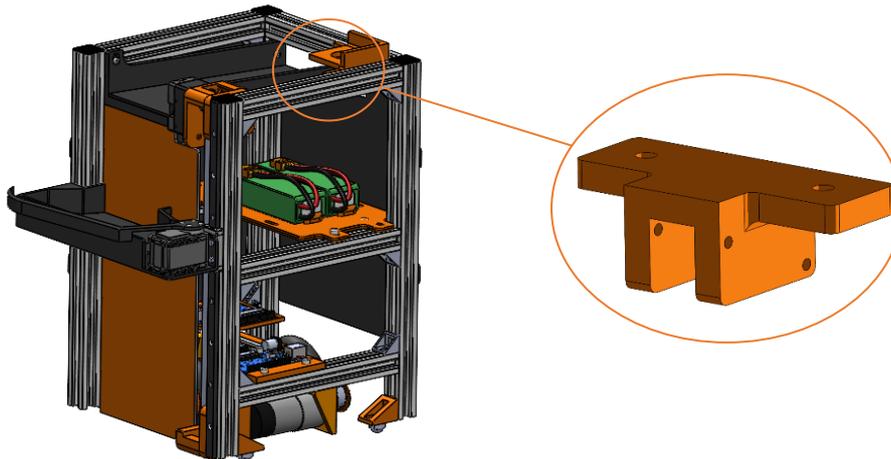


Figura 46: Soporte para el final de carrera

Restricciones			
Permitir espacio para la pieza que marca la puesta en marcha			
Dimensiones			
Alto (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Nº Plano
26	63	30	30
Especificaciones de fabricación			
Masa (kg)	Material	Proceso de fabricación	Cantidad de piezas
0,0275	PLA	Extrusión de material	1
Unión con otros componentes			
Proceso	Elementos de unión	Dimensiones (mm)	Cantidad de elementos de unión
Unión con perfilera	Tornillería	Ø 4,2 M4x12 - DIN 912	4
	Tuercas	M4 Ref. 3842523135	

#### 4.8.3.5 SOPORTE PARA LOS SENSORES

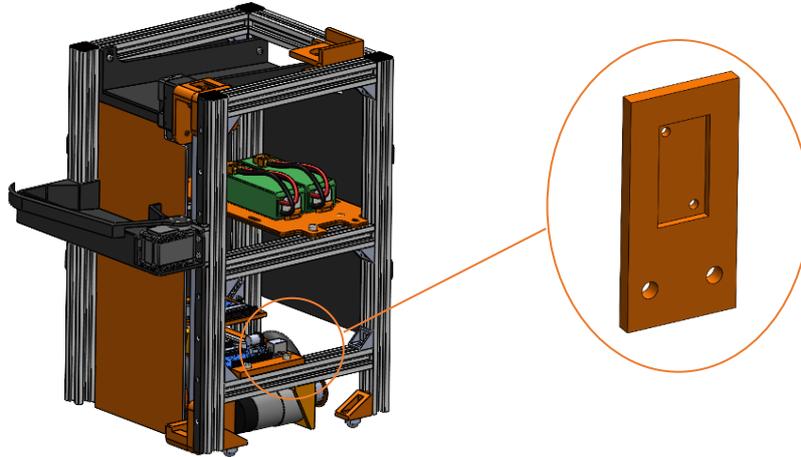


Figura 47: Soporte para los sensores

Restricciones			
Tamaño ajustado al sensor, ,ovilidad a lo largo de la perfilería			
Dimensiones			
Alto (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Nº Plano
26	63	30	31
Especificaciones de fabricación			
Masa (kg)	Material	Proceso de fabricación	Cantidad de piezas
6,58e-3	PLA	Extrusión de material	4
Unión con otros componentes			
Proceso	Elementos de unión	Dimensiones (mm)	Cantidad de elementos de unión
Unión con perfilería	Tornillería	Ø 4.2 M4x12 - DIN 912	4
	Tuercas	M4 Ref. 3842523135	

#### 4.8.4 Cubiertas

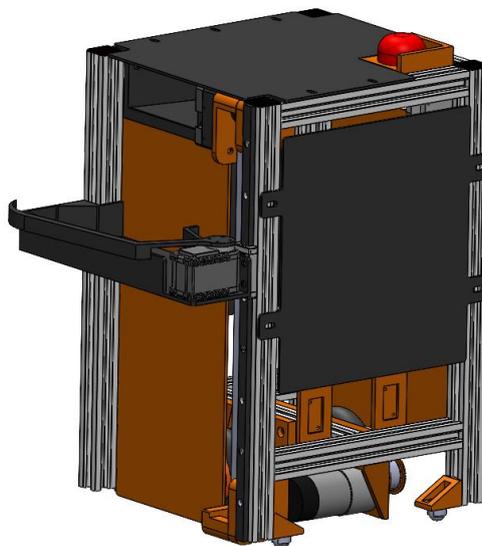


Figura 48: Cubiertas

#### 4.8.4.1 CUBIERTA 1

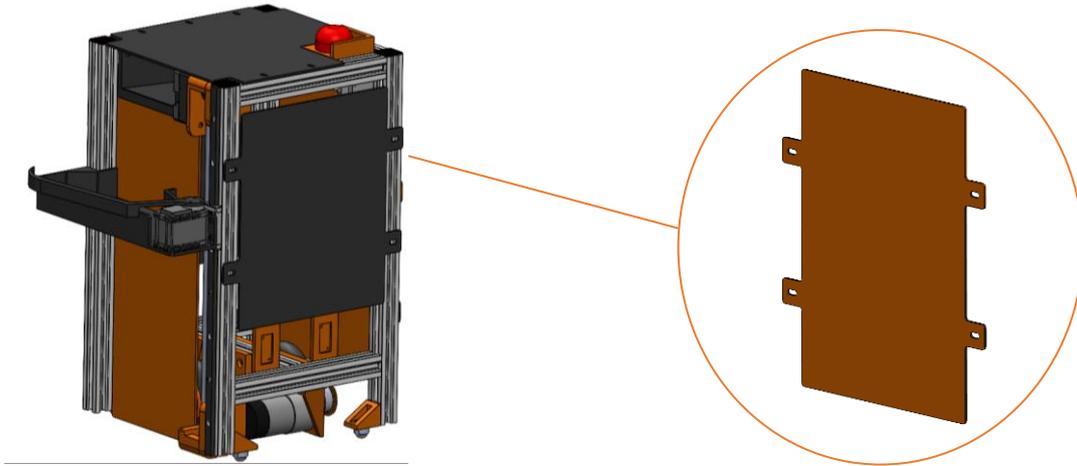


Figura 49: Cubierta 1

Restricciones			
Margen de visibilidad para el sensor de distancia			
Dimensiones			
Alto (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Nº Plano
255	210	2	32
Especificaciones de fabricación			
Masa (kg)	Material	Proceso de fabricación	Cantidad de piezas
0,0701	Metacrilato	Corte por CNC láser	1
Unión con otros componentes			
Proceso	Elementos de unión	Dimensiones (mm)	Cantidad de elementos de unión
Unión con perfilería	Tornillería	Ø 4.2 M4x12 - DIN 912	4
	Tuercas	M4 Ref. 3842523135	

#### 4.8.4.2 CUBIERTA 2

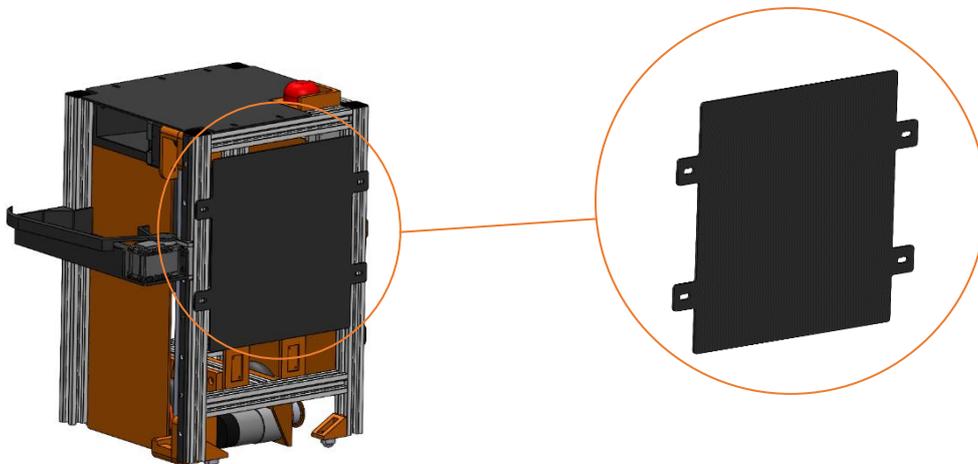


Figura 50: Cubierta 2

Restricciones			
Margen de visibilidad para el sensor de distancia			
Dimensiones			
Alto (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Nº Plano
200	218,49	2	33
Especificaciones de fabricación			
Masa (kg)	Material	Proceso de fabricación	Cantidad de piezas
0,07213	Metacrilato	Corte por CNC láser	1
Unión con otros componentes			
Proceso	Elementos de unión	Dimensiones (mm)	Cantidad de elementos de unión
Unión con perfilera	Tornillería	Ø 4.2 M4x12 - DIN 912	4
	Tuercas	M4 Ref. 3842523135	

#### 4.8.4.3 SEPARADOR

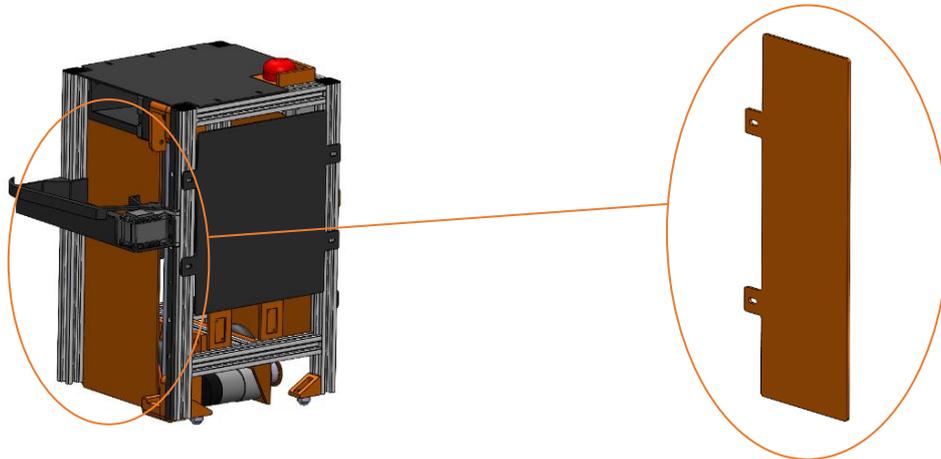


Figura 51: Separador

Restricciones			
Alto restringido hasta la distancia donde las pelotas entran a la rampa			
Dimensiones			
Alto (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Nº Plano
295	128	2	34
Especificaciones de fabricación			
Masa (kg)	Material	Proceso de fabricación	Cantidad de piezas
7,201e-3	Metacrilato	Corte por CNC láser	1
Unión con otros componentes			
Proceso	Elementos de unión	Dimensiones (mm)	Cantidad de elementos de unión
Unión con perfilera	Tornillería	Ø 4.2 M4x12 - DIN 912	4
	Tuercas	M4 Ref. 3842523135	

#### 4.8.4.4 CUBIERTA SUPERIOR

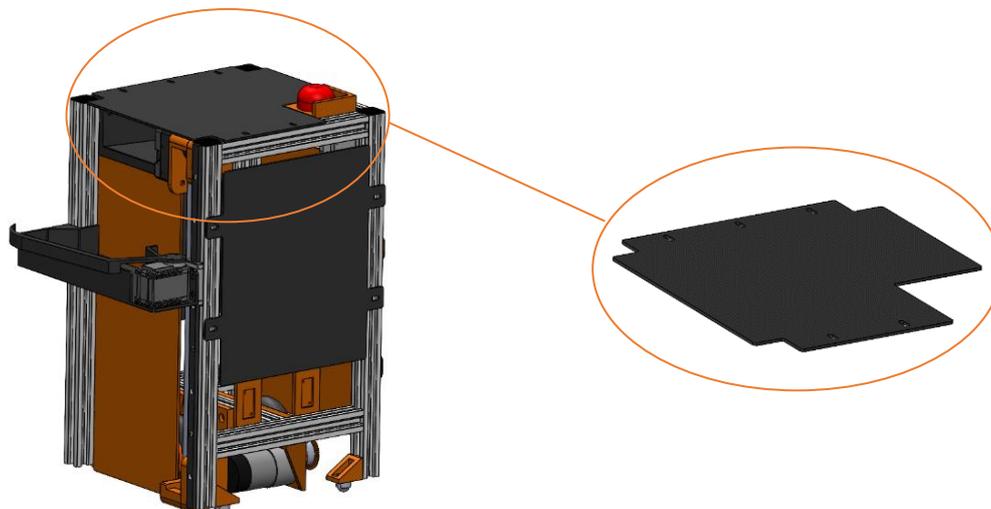


Figura 52: Cubierta superior

Restricciones			
Espacio para el botón de emergencia, alojamientos para los pasadores del sensor RP LIDAR.			
Dimensiones			
Alto (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Nº Plano
243,48	220	2	35
Especificaciones de fabricación			
Masa (kg)	Material	Proceso de fabricación	Cantidad de piezas
$27.50 \times 10^{-3}$	Metacrilato	Corte por CNC láser	1
Unión con otros componentes			
Proceso	Elementos de unión	Dimensiones (mm)	Cantidad de elementos de unión
Unión con perfilería	Tornillería	Ø 4.2 M4x12 - DIN 912	4
	Tuercas	M4 Ref. 3842523135	

## 4.9 Implicaciones medioambientales

### 4.9.1 Vida útil de los componentes

En el caso del uso que se le va a dar al presente prototipo, todos aquellos componentes electrónicos dañados y que no puedan ser reparados, serán depositados en los puntos de reciclaje de componentes electrónicos de la Epsa.

En cuanto a las piezas defectuosas o fallidas de fabricación por FDM y fabricadas con PLA, se destinarán a la reutilización del material.

Las piezas fabricadas siguen una producción responsable ya que se han fabricado únicamente las necesarias.

La vida útil de los robots de la competición es extensa, pues, aunque el robot de este proyecto se haya construido para esta competición, se usará nuevamente en futuras

ediciones realizando las modificaciones oportunas, pero manteniendo la integridad estructural, así como tratando de aprovechar el máximo número de componentes

#### 4.9.2 Análisis de materiales poliméricos

En el proyecto, se han hecho servir dos materiales poliméricos para realizar fabricación de las piezas impresas en 3D. A continuación, se exponen las características medioambientales de ambos.

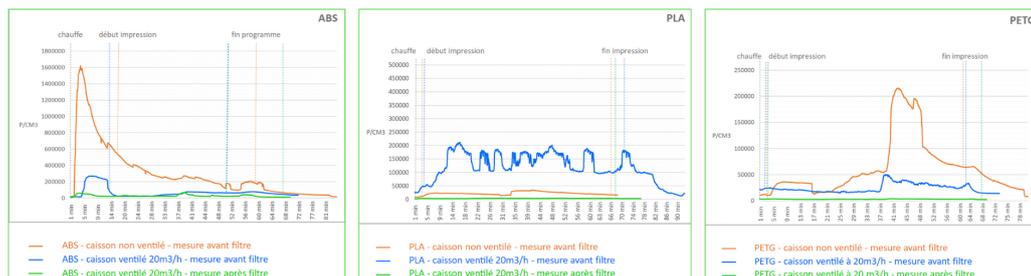
**PLA:** Este polímero se obtiene a partir de la fermentación de vegetales. El PLA es soluble en éter e incoloro.

El proceso de reciclado del PLA empieza cuando este se deposita en un contenedor destinado al reciclaje, existen dos procesos diferentes de reciclaje de este material; uno se trata de convertirlo en filamento para usarlo en nuevas impresiones, y el segundo se trata de dar forma a las piezas desechadas para crear nuevos objetos.

Para producir nuevo filamento, el material se tritura hasta tener el tamaño de 50 mm, para posteriormente extruirlas cuando se pasan por una tolva con un tornillo sinfín que va introduciendo el polímero en la extrusora.

Sin embargo, el PLA emite una cantidad significativa de nanopartículas que pueden atravesar la barrera capilar alveolar y contaminar el cuerpo a través de la sangre, ver [6].

**ABS:** Este material lleva asociadas una serie de riesgos para el medio ambiente y, por consiguiente, para el ser humano; debido a los humos del procesado: el ABS emite COV, principalmente el estireno, clasificado como posible carcinógeno humano por el Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer (CIIC). Este material también emite a la atmósfera 200 a 300 veces más partículas que la contaminación atmosférica común, considerablemente superior al PLA y PETG. Asimismo, el ABS requiere más energía que otros materiales; este se suele imprimir entre los 210 °C y los 250 °C.



Comparison of particle emissions between ABS, PLA and PETG [study carried out by Alveo3D in 2023]

Gráfico 2: Comparativa de la emisión de partículas (ABS, PLA, PETG). Fuente: [alevo3D](#)

## 5 Conclusiones

Tras haber concluido la memoria, así como la redacción de los Anexos, se concluye que:

- En base a estudios empíricos, se han desarrollado las ecuaciones para que el robot pueda realizar desplazamientos precisos, eficaces y sin deslizamiento.
- Se desarrolló un prototipo real capaz de superar la homologación de la Competición, tanto en la fase nacional (en la que el equipo quedó en tercer puesto) como en la fase internacional.
- Se ha asegurado la integridad estructural en base al análisis realizado sobre la pieza diseñada más crítica.
- Todos los componentes mecánicos encargados del movimiento del robot han sido seleccionados, realizando su correcta justificación, así como los componentes que conforman la parte elevadora.

Mediante la realización de este proyecto, se considera que, desde la perspectiva de estudiante se han demostrado competencias adquiridas durante los estudios de grado, tales como la **capacidad de visión espacial y conocimiento de las técnicas de representación gráfica**, especialmente a través de la herramienta de diseño asistido por ordenador Solidworks, utilizada durante el grado.

Con la selección de materiales realizada, así como el estudio de cargas realizado sobre la pieza crítica, se demuestra la **capacidad de selección del material adecuado en función de la aplicación**, así como el **conocimiento de los principios de resistencia de materiales**. De forma análoga, las competencias adquiridas relativas a las técnicas de fabricación y producción se han aplicado para poder fabricar los componentes necesarios para el robot.

Para garantizar que el robot dispone de los componentes mecánicos adecuados, ha sido necesario realizar una selección en la que ha sido **necesario disponer de las aptitudes de cálculo y diseño de máquinas**.

Asimismo, mediante el estudio cinemático y de odometría realizado sobre el robot, se han abierto las puertas para garantizar un control fiable si a nivel de programación y de electrónica se considerase factible la implementación del sensor encoder que dispone el robot.

Por lo tanto, este diseño ha garantizado el objetivo marcado por Gromep, permitiéndole participar en las dos fases del concurso Eurobot, edición 2023. Por otro lado, los planos realizados al prototipo aseguran que es posible reproducir su fabricación, así como montaje.

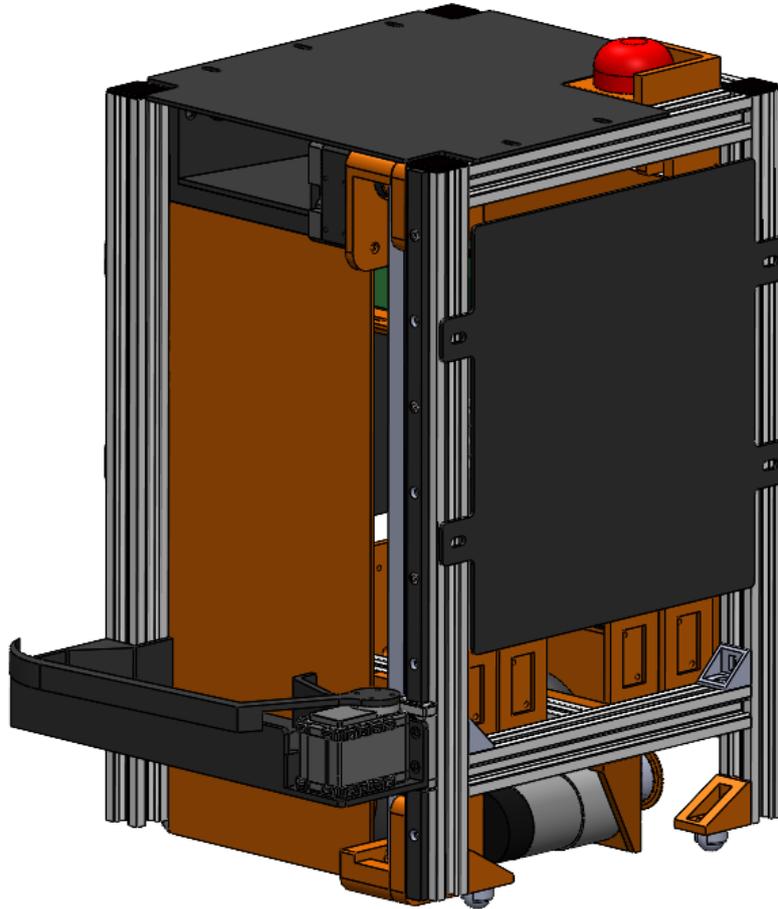
Aun habiendo cumplido los requisitos impuestos, existen puntos mejorables, tal y cómo se ha expuesto en el *"Anexo II – Mejoras Técnicas"*. Los puntos que aquí se han propuesto son relacionar los sensores con la parte elevadora y la fabricación de cubiertas adaptadas a los sensores de distancia.

## 6 Referencias bibliográficas

Se va a citar los artículos, libros, material docente y otras referencias bibliográficas que se han usado para alcanzar los objetivos de este proyecto.

- [1] González, A. J. B. (2016). *Diseño de máquinas*.
- [2] Organización Eurobot (2022). *Normativa Eurobot 2023*.
- [3] O'Connell, J. (2021, 8 julio). *ABS vs PLA: Comparación de filamentos para impresión 3D*. All3DP. [En línea]. Disponible en: <https://all3dp.com/es/2/abs-vs-pla-filamento-impresion-3d-plastico/>.
- [4] SPC Consulting Group. (2023, 8 noviembre). *GD&T Tolerancias Geométricas y Dimensionales*. Expertos En Capacitación y Consultoría Para la Mejora Continua y Gestión de la Calidad [En línea]. Disponible en: <https://spcgroup.com.mx/gdt/>
- [5] Robotnik. (2024, 11 marzo). *¿Cuáles son los diferentes tipos de robots? 5 fortalezas de 5 robots móviles autónomos*. Robotnik [En línea]. Disponible en: <https://robotnik.eu/es/cuales-son-los-diferentes-tipos-de-robots-5-fortalezas-de-5-robots-moviles-autonomos/>
- [6] Doan, M. C. (2024, 27 marzo). *Plástico ABS tóxico: riesgos para la salud*. Alveo3D. [En línea]. Disponible en: <https://www.alveo3d.com/es/plastico-abs-toxico/>.
- [7] De Robotique Autonome, C. V. (s. f.). *2018 Contest / CVRA*. [En línea]. Disponible en: <https://cvra.ch/coupe/2018.html>.
- [8] UJI. (2022, 29 julio). *Correa sincronizada*. [En línea]. Disponible en: [https://www.mecapedia.uji.es/pages/correa\\_sincronizada.html](https://www.mecapedia.uji.es/pages/correa_sincronizada.html).
- [9] “Encoders: Qué son, tipos y ejemplos”. *Servomotors*. Accedido el 9 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.servomotorsadjust.com/encoders/>
- [10] M. F. Ashby, *Materials Selection in Mechanical Design*. Elsevier Sci. Technol. Books, 2016. [2, p. 408]
- [11] *Plástico ABS tóxico: riesgos para la salud*. (s.f.). Alveo3D. [En línea]. Disponible en: <https://www.alveo3d.com/es/plastico-abs-toxico/>
- [12] *Página inicial de UPCommons*. [En línea]. Disponible en: [https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/379365/Triviño\\_Rabaneda\\_David\\_TFG\\_Diseño%20de%20una%20máquina%20para%20mejorar%20la%20técnica%20posicionamiento%20y%20reflejos%20en%20jugadores%20de%20fútbol\\_UPC\\_EPSEM.pdf?sequence=1](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/379365/Triviño_Rabaneda_David_TFG_Diseño%20de%20una%20máquina%20para%20mejorar%20la%20técnica%20posicionamiento%20y%20reflejos%20en%20jugadores%20de%20fútbol_UPC_EPSEM.pdf?sequence=1)
- [13] *Pololu - 50:1 Metal Gearmotor 37Dx70L mm 12V with 64 CPR Encoder (Helical Pinion)*. (s.f.). Pololu Robotics and Electronics. [En línea]. Disponible en: <https://www.pololu.com/product/4753/specs>

- [14] Calle Salas, Alejandro de la. (2023, 14 de diciembre). Estudi, anàlisi i optimització de les condicions del procés d impressió 3D amb Tough PLA (T-PLA). RiuNet repositorio UPV. [En línea]. Disponible en: <https://riunet.upv.es/handle/10251/200766>
- [15] E. Sasig, "Modelo cinemático y simulación con Python: Robot móvil diferencial," Roboticoss, 2021. [En línea]. Disponible: <https://roboticoss.com/modelo-cinematico-y-simulacion-con-python-robot-movil-diferencial/>
- [16] Transmisiones, "Correas y Bandas Sincrónicas," [En línea]. Disponible en: <https://saditransmisiones.com/correas-bandas-sincronicas/#:~:text=Hay%20dos%20tipos%20principales%20de,calor%20que%20una%20de%20caucho.>
- [17] SKF, "Loads," SKF, 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.skf.com/es/products/rolling-bearings/ball-bearings/deep-groove-ball-bearings/loads.>
- [18] Portescap, "Physical Parameters Affecting Stall Torque of a Brushless DC Motor," Dec. 2021. [En línea]. Disponible en: <https://www.portescap.com/en/newsroom/whitepapers/2021/12/physical-parameters-affecting-stall-torque-of-a-brushless-dc-motor.>
- [19] R. E. Campos Avella, "Propuesta de una metodología de diseño de un robot móvil teleoperado para desactivación de artefactos explosivos," Revista Facultad de Ingeniería, vol. 25, no. 40, pp. 53-62, abr. 2016. [En línea]. Disponible: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0123-921X2016000200010#:~:text=En%20el%20tipo%20de%20tracción,guía%20es%20perpendicular%20al%20plano.](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-921X2016000200010#:~:text=En%20el%20tipo%20de%20tracción,guía%20es%20perpendicular%20al%20plano.)
- [20] Nextelectricmotors.com, "Diferencia entre transmisión por correa y cadena," Nextelectricmotors, 2024. [En línea]. Disponible: <https://nextelectricmotors.com/diferencia-transmision-por-correa-y-cadena/>
- [21] SKF, "Proceso de selección de rodamientos," SKF, [En línea]. Disponible en: <https://www.skf.com/es/products/super-precision-bearings/principles/bearing-selection-process.>
- [22] Liqcreate. (s.f.). Propiedades resina FDM y SLS. Recuperado de <https://www.liqcreate.com/es/articulos-de-apoyo/propiedades-resina-fdm-sls/>



<b>Grado</b>	Ingeniería Mecánica
<b>Título</b>	Proyecto de diseño mecánico, control de posición y análisis cinemático de un prototipo de robot móvil diferencial para la resolución de retos en el concurso Eurobot.
<b>Autora</b>	Elena García Canet
<b>Tutor</b>	Jaime Masiá Vañó
<b>Fecha</b>	JUNIO 2024
<b>Volumen</b>	Documento N.º 3: Anexos
Anexo I – Estudio de alternativas	

## Anexo I: Índice

Alternativa al diseño del sistema de elevación .....	62
Alternativa en el diseño de la base locomotriz .....	62
Alternativa en la fabricación de las rampas de la caja. ....	63
Anexo I. Estudio de alternativas .....	62

# 1 Anexo I. Estudio de alternativas

A continuación, se van a desarrollar las alternativas al diseño final que se plantean en la memoria del proyecto.

## 1.1 Alternativa en el diseño de la base locomotriz

En un primer momento, se había evaluado la alternativa de la colocación de los dos motores alineados, cada uno en un perfil con la rueda. No obstante, esta disposición no ofrece suficiente espacio para la colocación en línea de dos motores con encoder y cumpliendo al mismo tiempo, el perímetro que la normativa exige al robot. Por otro lado, también se tiene poco espacio para los elementos que posteriormente se desarrollarán. Con el sistema diseñado, se pierde velocidad en la transmisión, pero no se considera importante ya que, con la reducción aplicada, es posible volcar las pelotas en la cesta en el tiempo definido.

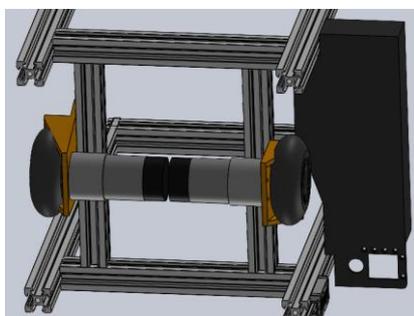


Figura 53: Opción inicial base locomotriz

	Dimensión final (ancho y largo, mm)	Perímetro (mm)	Espacio entre los motores (mm)
Primer modelo	220x210	1360	3.62 (disposición longitudinal)
Modelo actual	220x210	1039,04	116 (disposición transversal)

Tabla 6: Comparativa de dimensiones

## 1.2 Alternativa al diseño del sistema de elevación

En el caso de la metodología de resolución de la tarea propuesta, se han planteado dos alternativas: el lanzamiento de las cerezas mediante un sistema de propulsión basado en una bomba neumática o la introducción de éstas en una caja con capacidad de elevación y volcado en el cesta.

Para que las pelotas caigan a la altura indicada, la caja debe contar con un sistema de elevación o propulsión. Mediante un sistema de propulsión las pelotas se lanzarían a la cesta situando el robot en un punto estratégico del tablero desde el cual, con la fuerza y la inclinación adecuada, las pelotas entrarían en la cesta. El sistema de propulsión sería similar al de una máquina lanzadora de pelotas de tenis, en la que dos ruedas con una determinada velocidad angular mueven la pelota linealmente al mismo tiempo que la presionan siendo capaces de lanzarla a una determinada velocidad.

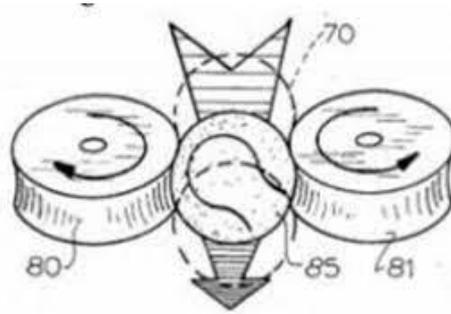


Figura 54: Sistema de lanzamiento. Fuente: [upcommons.upc](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ball_launcher.png)

Este podría ser un método apto, no obstante, existe el inconveniente de que las cerezas puedan rebotar al ser propulsadas a la cesta, y ya que se ha optado por recoger un número limitado de diez bolas, es conveniente utilizar una técnica más conservadora que asegure su correcta entrada, por lo tanto, se considera que un sistema de elevación sería suficientemente adecuado. La elevación de las bolas se realiza cuando ya estén dentro de la caja mientras el robot avanza a la cesta, optimizando de forma adecuada el tiempo.

Dado que, al elevar la caja, es necesario evitar que las cerezas caigan durante el movimiento, se ha diseñado un separador interno que impida que las pelotas caigan durante el trayecto ascendente. Para permitir que las bolas rueden sin problemas a la altura deseada, se podrían propulsar desde la parte superior o colocar una rampa por la cual las pelotas puedan rodar hasta caer a la cesta.

### 1.3 Alternativa en la fabricación de las rampas de la caja.

Teniendo en cuenta que cuando se fabrican crean escalones que impiden la correcta rodadura del robot, se planteó primeramente la opción de realizar un proceso secundario de fabricación sobre las rampas fabricadas por FDM/FFF en la que se realizase un pulido mecánico de la superficie mediante una lija manual.

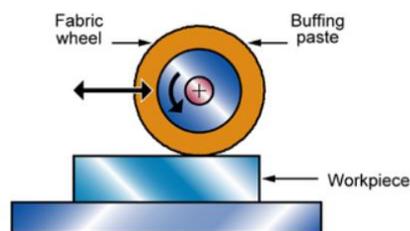
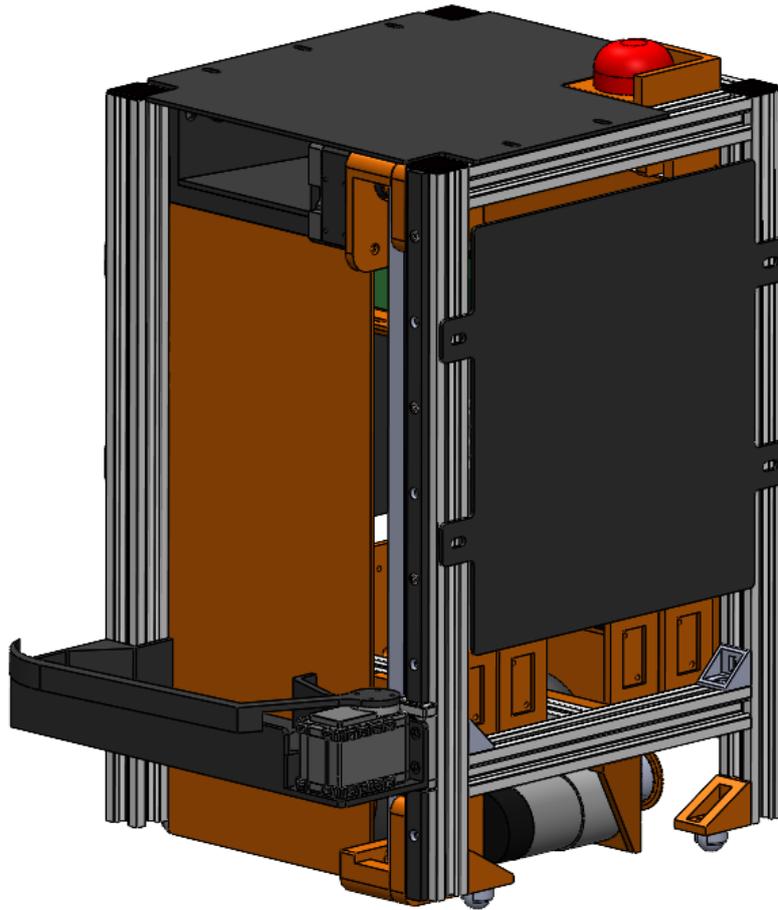


Figura 55: Pulido de una superficie. Fuente: Granta EduPack

Este proceso es compatible con termoplásticos y permite obtener una superficie sin rugosidades. El pulido mecánico incluye; el pulido manual de coste y tasa de producción más bajos y el pulido automático, de coste y tasa de producción más elevados. Para este situación se podría realizar un pulido manual ya que la tasa de producción de esta pieza es muy baja, necesitándose únicamente para 2 o 3 piezas. Finalmente, se optó por realizar otro proceso de fabricación, que se expresa en "Anexo II. Mejoras técnicas - 2.1 Reducción de fricción en las rampas".



<b>Grado</b>	Ingeniería Mecánica
<b>Título</b>	Proyecto de diseño mecánico, control de posición y análisis cinemático de un prototipo de robot móvil diferencial para la resolución de retos en el concurso Eurobot.
<b>Autora</b>	Elena García Canet
<b>Tutor</b>	Jaime Masiá Vañó
<b>Fecha</b>	JUNIO 2024
<b>Volumen</b>	Documento N.º 3: Anexos
Anexo II – Mejoras técnicas	

## Anexo II: Índice

Anexo II. Mejoras técnicas.....	66
Fabricación de cubiertas adaptadas a la geometría de los sensores .....	66
Reducción de la fricción en las rampas .....	66
Relación entre los sensores en la parte elevadora .....	66

## 2 Anexo II. Mejoras técnicas

En este anexo, se describirán aquellos aspectos que, se han implementado o podrían implementarse con la finalidad de aportar algún tipo de mejora al robot.

### 2.1 Reducción de la fricción en las rampas

**Estado:** implementado

**Descripción:** se busca eliminar el problema generado con la fabricación de superficies inclinadas con el proceso de FDM; estos son los escalones generados por la deposición de capas de material, creando excesiva fricción que impide la correcta rodadura de las pelotas que cumplen la función de cerezas.

**Resolución:** para reducir la fricción producida sobre la superficie de la rampa, se opta por modificar la posición de la pieza sobre la superficie de la cama de la impresora; ya que la cama del modelo de impresora que se está utilizando, la *Ultimaker S5 Pro Bundle*, es de vidrio, lo cual causa que las piezas que se encuentran en contacto con ésta tengan una rugosidad mínima.

### 2.2 Relación entre los sensores en la parte elevadora

**Estado:** no implementado

**Descripción:** la parte elevadora del prototipo no dispone de relación sensorial, no se tiene constancia del número de cerezas que hay en el expositor ni del que ha entrado en la caja. La presencia de sensores que indiquen estos parámetros agilizaría la tarea, pues la dependencia de la precisión de posicionamiento del robot sería menor o de la garra para recoger cerezas, se trataría de una acción correctiva al estar continuamente recibiendo información del entorno. Además, el robot no perdería tiempo dirigiéndose a expositores que ya han sido recogidas por otros robots.

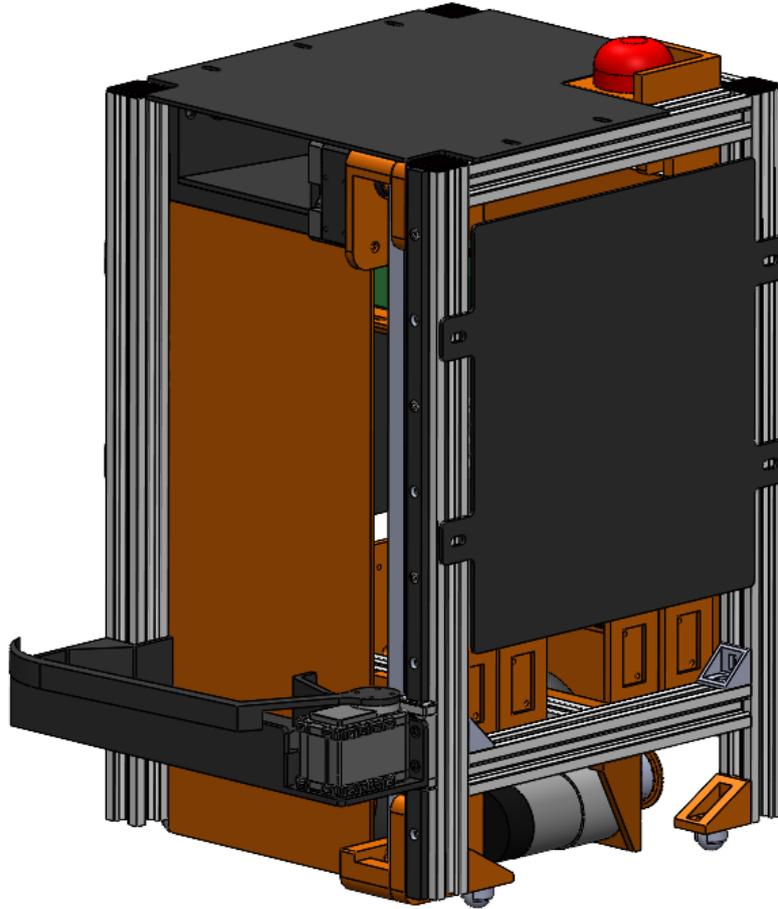
**Resolución:** incorporación de sensores en el borde de la caja que, programados a un contador, permitan saber que una bola ha entrado. Aunque la adición de sensores en la parte frontal del robot no es propia de la parte elevadora, permitiría conocer la cantidad de bolas que hay en un expositor.

### 2.3 Fabricación de cubiertas adaptadas a la geometría de los sensores

**Estado:** no implementado

**Descripción:** En base a la experiencia en la Final Internacional del Eurobot, se observó muchos equipos presentaron robots con componentes neumáticos con la finalidad de lanzar las pelotas en el interior de la cesta. Ya que el robot fue diseñado con paneles de metacrilato que no cubrían las paredes en sus totalidad, presentaban huecos lo suficientemente grandes como para permitir el paso de las pelotas, aunque no sucedió durante la competición, en caso de producirse esta acción podría dañar los componentes internos, como los conexionados a las placas.

**Resolución:** la mejora técnica a adoptar en este caso sería adaptar el tamaño de los paneles a la superficie de los laterales del robot, para evitar cualquier parte por la que las pelotas pudiesen introducirse en el robot. Garantizar un IP 2 contra sólidos, es decir, protección contra objetos de diámetro superior a 12 mm.



<b>Grado</b>	Ingeniería Mecánica
<b>Título</b>	Proyecto de diseño mecánico, control de posición y análisis cinemático de un prototipo de robot móvil diferencial para la resolución de retos en el concurso Eurobot.
<b>Autora</b>	Elena García Canet
<b>Tutor</b>	Jaime Masiá Vañó
<b>Fecha</b>	JUNIO 2024
<b>Volumen</b>	Documento N.º 3: Anexos
Anexo III – Cálculos	

## Índice Anexo III

<b>Anexo III. Cálculos.....</b>	<b>69</b>
Cálculo de tensiones y deformaciones.....	76
Cálculos cinemáticos.....	86
Cálculos para la selección de la correa de la base locomotriz.....	70
Cálculos para la selección de la correa de la parte elevadora.....	75
Cálculos para la selección de las poleas.....	69
Cálculos para la selección de los componentes.....	69
Cálculos para la selección de los rodamientos de la base locomotriz.....	75
Control de posición.....	90
Estudio de las tensiones en el soporte.....	77
Fabricación de cubiertas adaptadas a la geometría de los sensores.....	66
Reducción de la fricción en las rampas.....	66
Relación entre los sensores en la parte elevadora.....	66
Tensión sobre las correas.....	73

## 3 Anexo III. Cálculos

### 3.1 Cálculos para la selección de los componentes

#### 3.1.1 Cálculos para la selección de las poleas

##### 3.1.1.1 Cálculo de la velocidad de las poleas de la base locomotriz

Lo que se busca obtener es el tamaño de las poleas para que la velocidad máxima de salida de las ruedas sea de 0,30 m/s. Si la rueda que se quiere seleccionar es de 70 mm de diámetro, 0,035 m de radio, la velocidad en rpm a la salida se calcula a partir de:

$$v = 2\pi \cdot r \cdot \frac{n_{sal}}{60} \quad [1]$$

$$n_{sal} = \frac{v \cdot 60}{2 \cdot \pi \cdot r} = \frac{0,3 \cdot 60}{2 \cdot \pi \cdot 0,035} = 81,85 \text{ rpm}$$

Sabiendo que la velocidad de entrada ( $n_1$ ) será 180 rpm y la velocidad de salida ( $n_2$ ) 81,85 rpm, la relación de transmisión se calculará como:

$$i = \frac{n_2}{n_1} = \frac{81,85}{180} = 0,455 \quad [2]$$

Se debe cumplir que el tamaño de las poleas debe ser proporcional a las velocidades:

$$n_1 \cdot d_1 = n_2 \cdot d_2 \quad [3]$$

$$0,455 = \frac{d_2}{d_1}$$

Consiguiendo cumplir con la velocidad de 0,3 m/s o 81,85 rpm a la salida.

##### 3.1.1.2 Selección de la polea conducida

Aunque se vaya a fabricar mediante FDM, el diseño de su dentado, así como su diámetro primitivo y paso, se va a elegir a partir de una polea comercial, desde el comerciante RS Components. En el buscador que ofrece, se van a seleccionar todas aquellas poleas con diámetro total (incluyendo el flanco) menor que 70 mm. El comerciante ofrece 2 poleas con la medida inferior a 70 mm. Para aportar seguridad el sistema, se va a escoger la polea con diámetro primitivo de 57,30 mm (diámetro de 61 mm incluyendo el flanco).

Code	Type	No. Teeth	Dp	De	Df	Dm	F	L	Pilot Bore	No. Flanges
21T5/10-2	1F	10	15.92	15.05	20	8	15	21	-	2
21T5/12-2	1F	12	19.10	18.25	23	12	15	21	-	2
21T5/14-2	1F	14	22.28	21.45	26	14	15	21	-	2
21T5/15-2	1F	15	23.87	23.05	28	16	15	21	6	2
21T5/16-2	1F	16	25.46	24.60	30	18	15	21	6	2
21T5/18-2	1F	18	28.65	27.80	33	20	15	21	6	2
21T5/19-2	1F	19	30.24	29.40	34	22	15	21	6	2
21T5/20-2	1F	20	31.83	31.00	36	24	15	21	6	2
21T5/24-2	1F	24	38.20	37.35	42	26	15	21	6	2
21T5/25-2	1F	25	39.79	38.95	43	26	15	21	6	2
21T5/27-2	1F	27	42.97	42.15	47	30	15	21	8	2
21T5/30-2	1F	30	47.75	46.90	51	34	15	21	8	2
21T5/32-2	1F	32	50.93	50.10	55	38	15	21	8	2
21T5/36-2	1F	36	57.30	56.45	61	38	15	21	8	2
21T5/40-2	1F	40	63.66	62.85	67	40	15	21	8	2
21T5/48-0	2	48	76.39	75.55	-	50	15	21	8	0
21T5/60-0	2	60	95.49	94.65	-	65	15	21	8	0

Tabla 7: Selección polea 36 y 16 dientes. Fuente: [RS documents](#)

Dadas estas características, se elegirá la polea con este dentado y se adaptará su diámetro interno para el eje y el rodamiento, así como los alojamientos para la tornillería.

### 3.1.1.3 Selección de la polea conductora

Sabiendo que la relación de transmisión que debe existir entre las poleas es de 0,455, la elección del diámetro primitivo de la polea conducida es sencilla:

$$d2 = 0,455 \cdot 57,30 = 26,07 \text{ mm}$$

Por lo tanto, se busca una polea comercial que cumpla esta medida. En este caso, no se va a fabricar la polea por FDM, no es necesario realizarle una modificación personalizada compleja. En RS Components, el mismo fabricante que la polea conducida, no existe ninguna polea que cumpla esta medida exacta, por lo que se va a escoger la inmediatamente inferior, que tiene una medida de 25,46 mm.

### 3.1.1.4 Cálculo de la velocidad de las poleas de la parte elevadora

El motor que ha seleccionado Gromep, XM430 trabaja a una velocidad de 23 rpm en el punto de máxima eficiencia, dado que el radio de las poleas seleccionadas es de 7,525 mm la velocidad lineal a la que se movería la caja sería de:

$$v = 2\pi \cdot r \cdot \frac{n_{sal}}{60}$$

$$2\pi \cdot 0,007525 \cdot \frac{23}{60} = 0,0181 \text{ m/s}$$

Las poleas que se han seleccionado son del mismo catálogo que las de la base locomotriz, con el dentado más pequeño posible, de 10 dientes.

## 3.1.2 Cálculos para la selección de la correa de la base locomotriz

Se ha tenido en cuenta:

El paso: en el momento de la selección de las poleas, se ha supuesto un paso de 5 mm, a partir del catálogo del fabricante de correas que se ha seleccionado, se comprueba si el paso de la correa es apto para las poleas seleccionadas:

Zahnteilung / Tooth pitch - 5 mm					
Zähnezahl	Wirkdurchmesser	Außendurchmesser	Bordscheibendurchmesser	Vorbohrungsdurchmesser	Fertigbohrungsdurchmesser
Number of teeth	Pitch diameter	Outside diameter	Flange diameter	Pilot bore diameter	Finished bore diameter
$z$	[mm] $d_w$	[mm] $d_a$	$\approx$ [mm] $d_b$	[mm] $d_v$	[mm] $d_{F \max}$
12	19,10	17,96	23	4	8
14	22,28	21,14	26	4	9
15	23,87	22,73	28	4	10
16	25,46	24,32	30	4	10,5
18	28,65	27,51	33	6	12,5
20	31,83	30,69	36	6	13,5
21	33,42	32,28	38	6	14
22	35,01	33,87	40	6	15
24	38,20	37,06	42	6	16
26	41,38	40,24	45	8	18
28	44,56	43,42	48	8	18
30	47,75	46,60	51	8	21
32	50,93	49,79	55	8	23
36	57,30	56,16	61	8	23

Tabla 8: Validación paso poleas. Fuente: Catálogo "Endless timing belts".

Ancho de correa: capaz de soportar una carga de 85,8 N.

Longitud de la correa: determinada según la distancia entre los centros de las poleas y sus diámetros primitivos.

El margen de recorrido permisible para diferentes longitudes de correa viene determinado por el espacio disponible entre el soporte del motor y el soporte del eje.

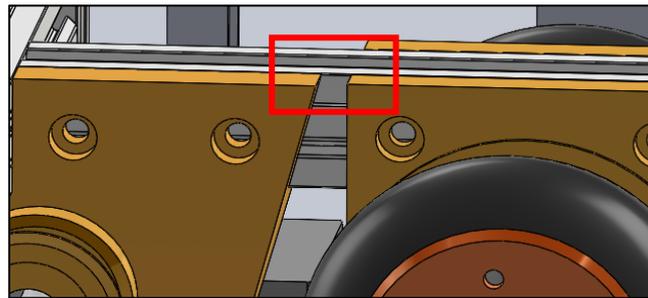


Figura 56: Espacio para la correa

Sustituyendo valores sabiendo que las varianzas de distancia entre ejes son:

$$e_{\max} = 80 \text{ mm}$$

$$e_{\min} = 69,67 \text{ mm}$$

Donde  $e$  es la distancia permisible entre el eje del motor y el eje de las ruedas.

$$d_1 = 25,46 \text{ mm}$$

$$d_2 = 57,3 \text{ mm}$$

Donde  $d$  es el diámetro primitivo de la polea.

La expresión matemática para calcular la longitud de la correa escogida es:

$$L = 2e + \frac{(d_1+d_2)\pi}{2} + \frac{(d_2-d_1)^2}{2e} \quad [4]$$

Aplicando la fórmula y la distancia entre ejes máxima en  $e$ , se obtiene una longitud de:

$$L_{\text{máx}} = 296,34 \text{ mm}$$

$$L_{\text{mín}} = 276,61 \text{ mm}$$

Según los resultados obtenidos, se deberá buscar una correa que cumpla  $296,34 \text{ mm} < L < 271,61 \text{ mm}$  y que su paso sea 5 mm para que coincida con las poleas.

Por otro lado, la geometría del dentado corresponde a una correa tipo T, es decir, correa de dentado trapezoidal. Concretamente, de la serie T5, siendo "5" el paso de la correa, el cual deberá coincidir con el paso de la polea dentada. Las correas tipo T ofrecen una transmisión de potencia precisa y una elevada durabilidad.

Según la ficha técnica del vendedor Synchroflex, presente en "Documento EXT - Fichas técnicas", existen tres correas válidas para el rango disponible:

Type	Length*	Number of teeth
T 5	/ 270	54
T 5	/ 280	56
T 5	/ 295	59

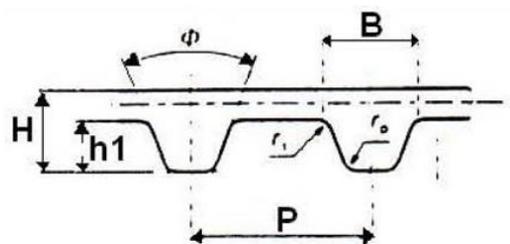
Tabla 9: Medidas disponibles de correas. Fuente: Catálogo "Endless Timing Belts"

Debido a que el espacio disponible es de 10,33mm y teniendo en cuenta que se debe permitir el margen suficiente como para poder tensar y destensar la correa sin problemas, se ha seleccionado la correa de longitud 280mm y 56 dientes.

Ahora que se conoce la longitud de la correa, se puede hallar la distancia entre centros a partir de la misma ecuación anterior:

$$e = 71,45 \text{ mm}$$

El tipo de correa que se ha seleccionado cumple con la geometría establecida en la norma **UNE 18153:1981**.



Tipo	Paso (mm)	H (mm)	h1 (mm)	B (mm)	Ro (mm)	R1 (mm)	Angulo
T5	5	2,2	1,2	2,65	0,4	0,4	40

Tabla 10: Resumen de los parámetros de la correa

### 3.1.2.1 Diseño de los flancos de las poleas en función de la distancia entre centros $L_f$

Según el catálogo de Synchronflex "Endless Timing Belts", dependiendo de la distancia entre centros de las poleas ( $L_f$ ) y el ancho de la polea ( $b$ ), deberán de tener o no flancos.

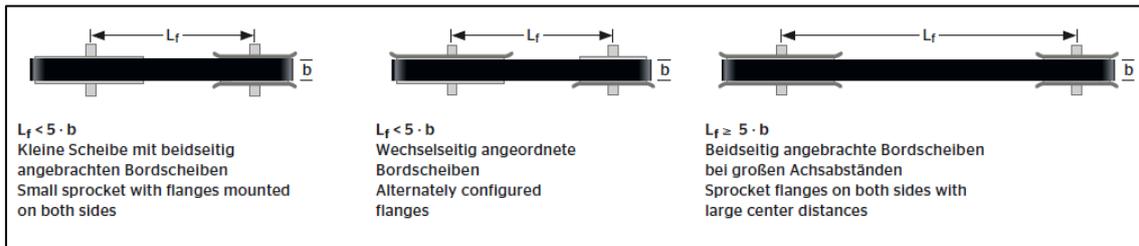


Figura 57: Cálculo de flancos. Fuente: Catálogo "Endless Timing Belts"

El caso de la transmisión de la base locomotriz sería el tercero:

$$L_f \geq 5 \cdot b \quad [5]$$

$$280 \geq 5 \cdot 13$$

$$280 \geq 65$$

Por lo que las poleas de la base locomotriz deben incorporar flancos.

### 3.1.3 Tensión sobre las correas

Un factor clave es también la selección de un ancho de correa adecuado que soporte las tensiones requeridas.

Este dato se ha obtenido del catálogo "Endless Timing Belts" del fabricante de correas Synchronflex.

El valor de tensión obtenida corresponde a la tensión máxima permisible, a la cual, el fabricante indica que la correa no rompe, pero sí que tendría su límite de uso seguro. En el caso de una correa de 10 mm y una correa con paso 5, se podrá llegar como máximo a la tensión de 330 N:

T 5 / T 5-DL	
6 mm	180
10 mm	330
16 mm	570
25 mm	930
32 mm	1200
50 mm	1920
75 mm	2940
100 mm	3930

Tabla 11: Tensión sobre las correas. Fuente: Catálogo "Endless Timing Belts"

A continuación, se calculará la tensión máxima generada en las correas de la base locomotriz. Conociendo los datos que se conocen del motor:

voltage	no-load performance	stall extrapolation
12 V	200 RPM, 200 mA	21 kg·cm (290 oz-in), 5.5 A

Tabla 12: Datos del motor. Fuente: [Pololu](#)

En la documentación técnica de Pololu, el fabricante de los motores eléctricos indica que el par máximo en condiciones de bloqueo es de 21 kg·cm.

$$F = m \cdot a \quad [6]$$

donde:  $m = 21 \text{ kg} ; a = 9,81 \text{ m/s}^2$

$$F = 21 \text{ kg} \cdot \text{cm} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 = 206,01 \text{ N} \cdot \text{cm}$$

$$206,01 \text{ N} \cdot \text{cm} \cdot \frac{10 \text{ mm}}{1 \text{ cm}} = 2060,1 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

Para asegurar que la tensión que se produce en las correas se encuentra por debajo de la tensión máxima permisible, se comprueba, mediante la fórmula que se ofrece en el catálogo del fabricante Synchroflex "*Endless Timing Belts*" [Página 75], la tensión que realizan las correas ( $F_u$ ):

$F_u = \frac{P_{\text{total}}}{v_{\text{belt}}} = \frac{M_{\text{sprocket}}}{r_{\text{sprocket}}}$	<p><math>F_u</math> = effective pull [N]  <math>M_{\text{sprocket}}</math> = torque [Nm]  <math>P_{\text{total}}</math> = total power output [W]  <math>r_{\text{sprocket}}</math> = sprocket radius [m]  <math>v_{\text{belt}}</math> = belt speed [m/s]</p>
--	---

Figura 58: Tensión permisible sobre las correas. Fuente: Catálogo "*Endless Timing Belts*"

Teniendo en cuenta que el par máximo alcanzable debido al motor es 2060,1 N·mm, el cual se genera en condiciones de bloqueo y siendo el diámetro de la polea conductora (P1) de 25,46 mm, el radio será de 12,73 mm:

$$F_u = \frac{M}{R} = \frac{2060,1 \text{ Nmm}}{12,73 \text{ mm}} = 161,83 \text{ N} \quad [7]$$

Por tanto, se puede utilizar la correa seleccionada ya que  $161,83 < 300 \text{ N}$ .

En cuanto a la polea conducida (P2), tiene un diámetro de 56 mm (0,056m), si la fuerza que se transmite a esta polea, y el radio y momento de fuerzas guardan la misma relación, se sabe que:

Cuando el motor está girando un sentido, y para que se desarrolle un par torsor en un ramal el contrario siempre tiene menos tensión. Debido a que se está trabajando con una correa dentada y la fuerza la realizan los propios dientes de la correa cuando engranan con la polea dentada, la mayor parte de la fuerza recaerá sobre el ramal tensado, que tendrá la fuerza  $F$  de 161,83 N, y mientras que el ramal destensado realizará una fuerza tan pequeña, que se puede considerar nula.

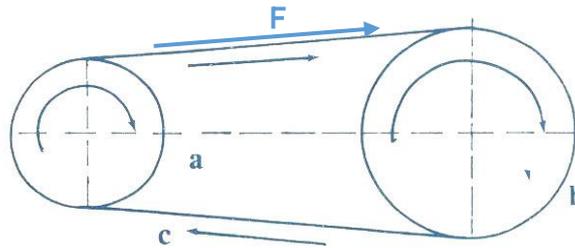


Figura 59: Trasmisión. Fuente: [svu.edu.eg](http://svu.edu.eg)

### 3.1.4 Cálculos para la selección de la correa de la parte elevadora

Para la correa de la parte elevadora se ha acudido al fabricante Optibelt, pues Synchroflex no suministra correas de paso 5 mm para poleas con un dentado de 10.

Entre poleas existe una distancia de 320,77 mm, sumando el radio de las poleas (ambas de 7 mm de diámetro), la correa tensada debe llegar a una longitud de 334,77 mm. En el mismo catálogo anteriormente mencionado se busca una correa que cumpla 667,54 mm, la longitud total de la correa. Se ha seleccionado la correa de 660 mm por ser la medida más cercana a la longitud requerida. Con estas correas, para un ancho de 10 mm, la fuerza máxima que se puede transmitir son 375 N.

A través de su documentación técnica, el fabricante ofrece a disposición las fórmulas necesarias para determinar si el sistema cumple la fuerza indicada.

$$F_N = F_{N\text{ spez}} \cdot z_{eB} \cdot b \quad [8]$$

$$F_{N\text{ spez}} = P_{N\text{ spez}} \cdot 6 \cdot 10^4 / (n_k \cdot t)$$

$$F_{N\text{ spez}} = 0,004 \cdot 6 \cdot \frac{10^4}{23 \cdot 5} = 2,087 \text{ N}$$

$$F_N = 2,087 \cdot 10 \cdot 5 = 104,35 \text{ N}$$

Por lo que la tensión que se produce no supera la tensión permisible de la correa.

### 3.1.5 Cálculos para la selección de los rodamientos de la base locomotriz

Teniendo en cuenta una masa del robot de 3,36 kg y una sobrecarga de 5 kg, la masa sería de 8,36 kg, y la carga aplicada sobre el eje sería 81,93 N.

Se ha optado por elegir rodamientos rígidos de bolas y que la carga del robot sobre el eje será de 35,57 N, considerando que solo se producen cargas radiales se han realizado los siguientes cálculos.

#### 3.1.5.1 Fallo bajo carga estática

Según el catálogo del fabricante NSK, el valor nominal de carga estática del rodamiento ( $C_{0r}$ ) seleccionado es de 1370 N.

Por tanto, si según el fabricante,  $F_{0a} \leq 0,8 \cdot F_{0r}$  y  $F_{0a} = 0$ , donde  $F_{0a}$  es la fuerza axial y  $F_{0r}$  es la fuerza radial, la carga estática equivalente del rodamiento ( $F_r$ ) será:

$$F_r = F_{0r} \quad [9]$$

Sabiendo que la carga que genera el robot sobre el eje es de 81,93 N y considerando cuatro rodamientos, entonces:

$$X_0 = \frac{C_0}{F_0} \quad [10]$$

$$X_0 = \frac{1370}{\frac{81,93}{4}} = 62$$

El factor de seguridad estática sería de 62 para cada uno de los rodamientos.

### 3.1.5.2 Cálculo de la vida del rodamiento

#### - Cálculo de fallo a fatiga

Suponiendo el caso más desfavorable en el que el robot siempre se va a mover siempre a una velocidad de 90 rpm, se realiza el cálculo en base al catálogo del fabricante NSK:

$$L_{10} = \left( \frac{10^6}{60 \cdot n} \right) \left( \frac{C}{F} \right)^q \quad [11]$$

$$L_{10} = \left( \frac{10^6}{60 \cdot 90} \right) \left( \frac{33000}{75} \right)^3 = 15774814815 \text{ rev}$$

## 3.2 Cálculo de tensiones y deformaciones.

En la base locomotriz, existen dos tipos de piezas que soportan bastante carga y pueden hacer que el sistema falle. A continuación, se va a analizar cuál de ellas es la más crítica:

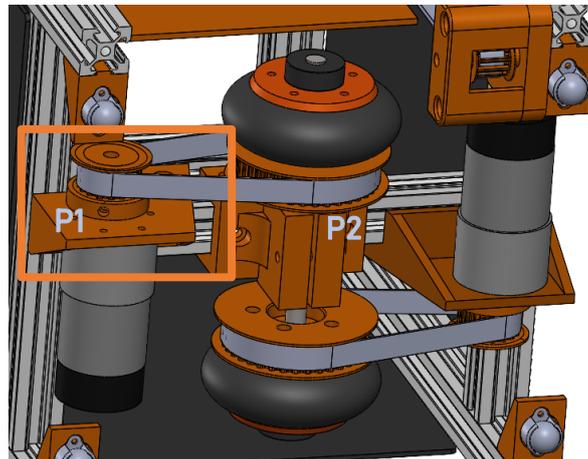


Figura 60: Tensión pieza P1

Soporte de los motores. Esta pieza se considera crítica porque soporta la masa del motor eléctrico y a la vez, la tensión que realiza la polea conductora (P1) con la correa que va a la conducida (P2).

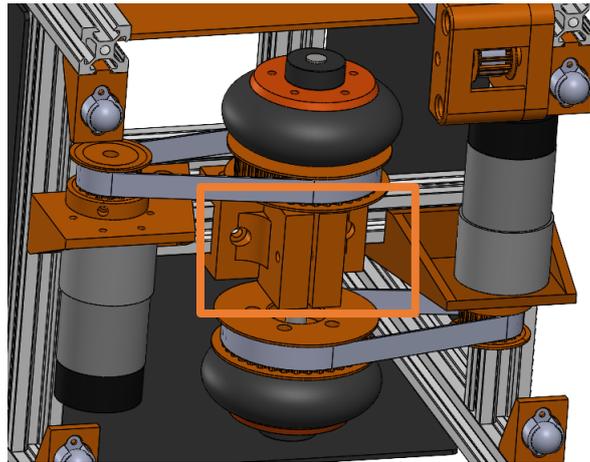


Figura 61: Tensión pieza P2

Soporte del eje al perfil. Debido a la tensión que crean las correas, se produce en ella un esfuerzo cortante, por lo que se duplica la tensión que se había en el caso anterior. Adicionalmente, la pieza tiene que cargar con el peso del eje.

### 3.2.1 Estudio de las tensiones en el soporte

#### 3.2.1.1 Hipótesis 1

Cálculo de las tensiones y deformaciones del soporte en estático, cuando la única carga que afecta es el peso del motor. El peso total del robot no se ha tenido en cuenta para el cálculo de la resistencia de esta pieza porque éste recae directamente en las ruedas, que se encuentran acopladas al eje central del robot.

Para calcular las fuerzas que ejerce el motor sobre el soporte, se han definido los agujeros superiores como sujeciones, ya que es desde donde esta pieza se amarra al perfil. Los seis agujeros con los que el motor se sujeta al soporte a través de tornillería es desde donde se aplican las fuerzas generadas por la carga del motor.

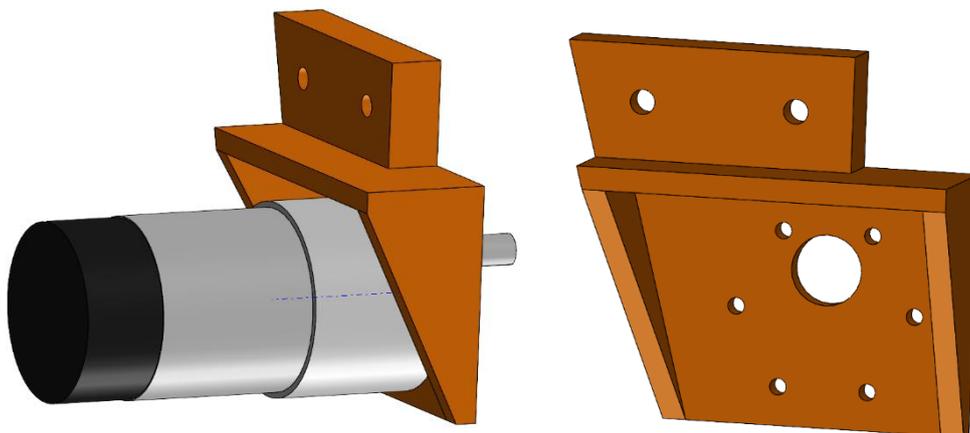


Figura 62: Conjunto motor y soporte

Las fuerzas se han calculado considerando:

- La masa del motor de 0.205 kg
- El centro de masas del robot se encuentra en el punto central del motor, coordenada (X: -121,79 Y: 9,95 Z: 0) mm.

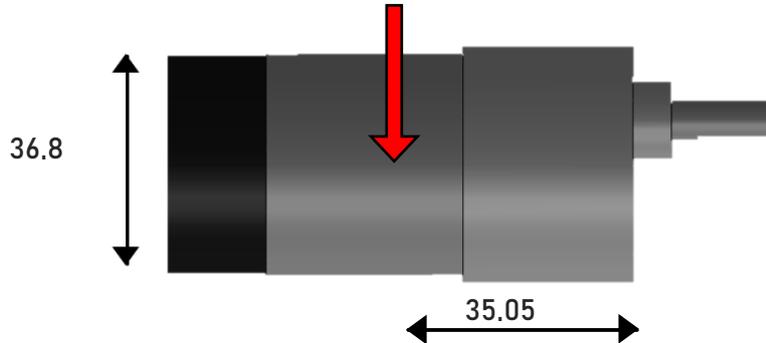


Figura 63: Diagrama del motor

Si el valor de la fuerza en el centro del motor causada por a la masa es:

$$F = m \cdot a = 0.205 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 2,011 \text{ N}$$

Sobre los agujeros del soporte se ha aplicado un momento de fuerzas creado por la distancia del punto de aplicación de la fuerza a cada uno de los orificios.

La reacción de deformación que se espera obtener es la torsión de la pieza en el sentido antihorario del eje z:

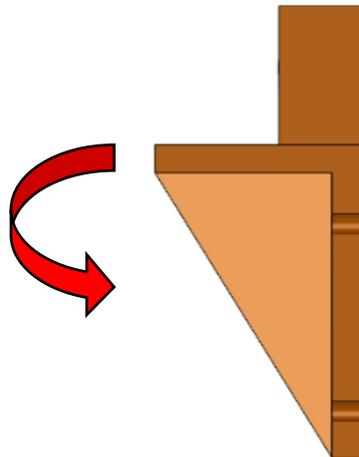


Figura 64: Soporte del motor

El valor que ejerce la carga del motor se introduce con sus coordenadas en el apartado de *Simulación* de *Solidworks* para obtener las deformaciones y tensiones en el soporte que se quiere analizar:

1. Se definen las sujeciones de la pieza:

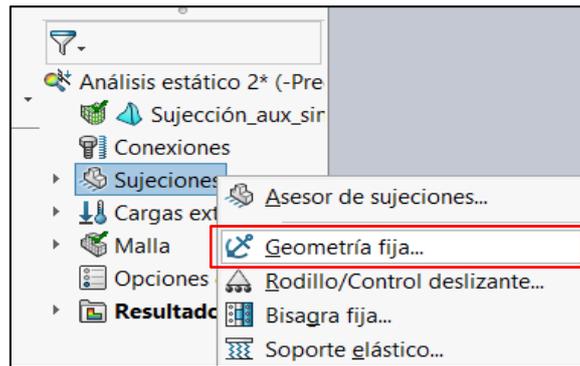


Figura 65: Selección geometría fija. Fuente: Solidworks

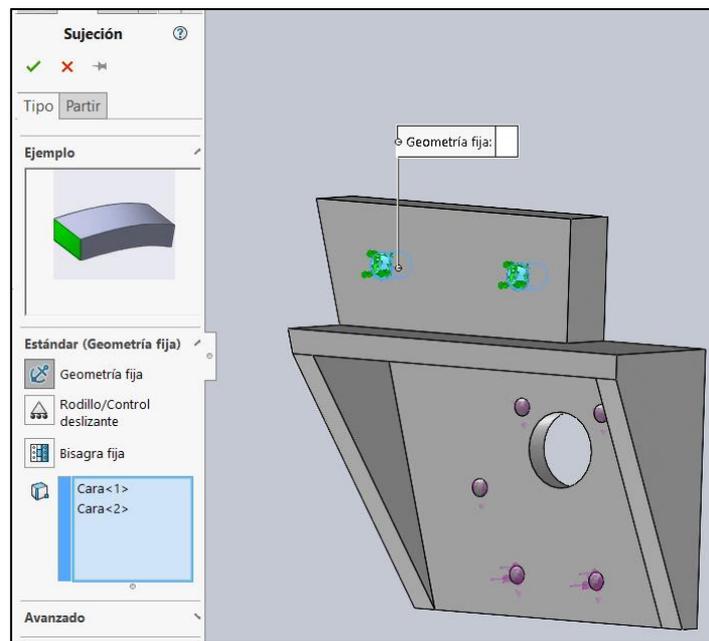


Figura 66: Definición de sujeciones.

2. Cargas externas: en este apartado se introduce el momento de fuerzas que crea el peso del motor.

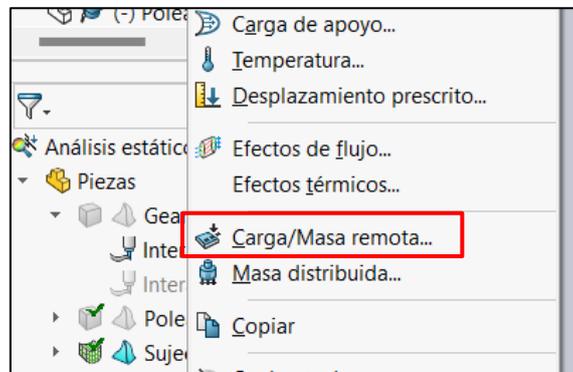


Figura 67: Selección carga/masa remota

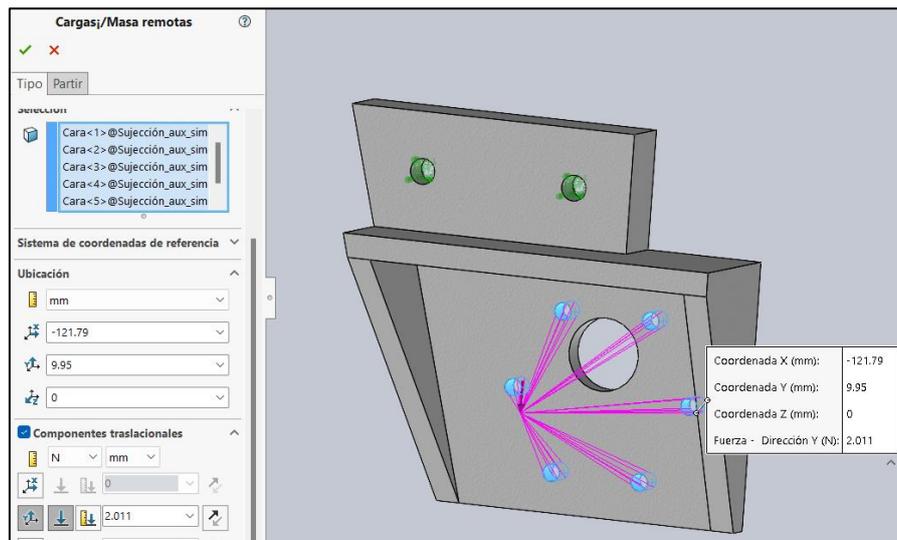


Figura 68: Introducir cargas y distancia de aplicación

3. Creación de la malla: la malla permite obtener una vista aproximada del modelo 3D, la densidad de la malla puede ajustarse por el usuario para mostrar una mayor o menor calidad del modelo en función de los recursos de renderización del sistema.

#### 4. Resultados:

- a. Tensiones: Se ha analizado la primera tensión principal.  
Máxima: 1,22 MPa (Nodo 8091)  
Mínima: -0,452 MPa (Nodo 5776)

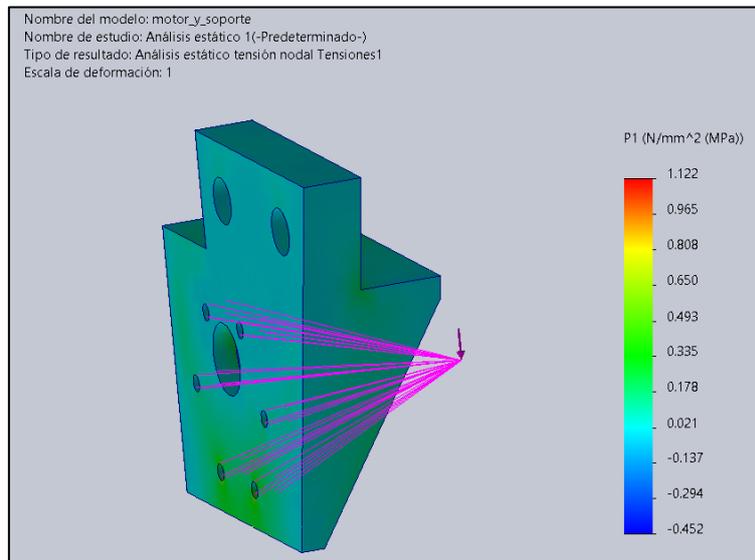


Figura 69: Primera tensión principal

- b. Desplazamientos:

Máximo: 0,053 (Nodo 231)

Mínimo: 0 (Nodo 1)

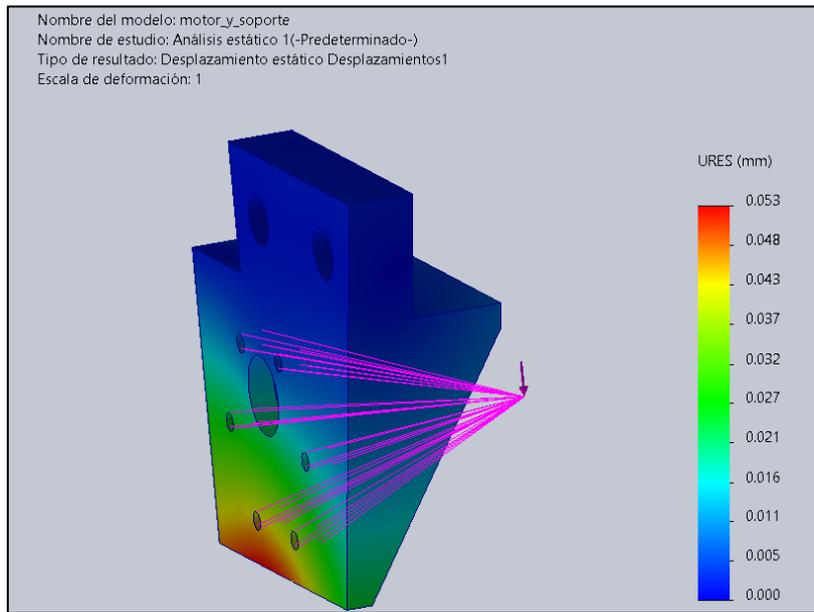


Figura 70: Desplazamientos

**c. Deformaciones unitarias:**

Máximo: 2,020e-04

Mínimo: 1,297e-06

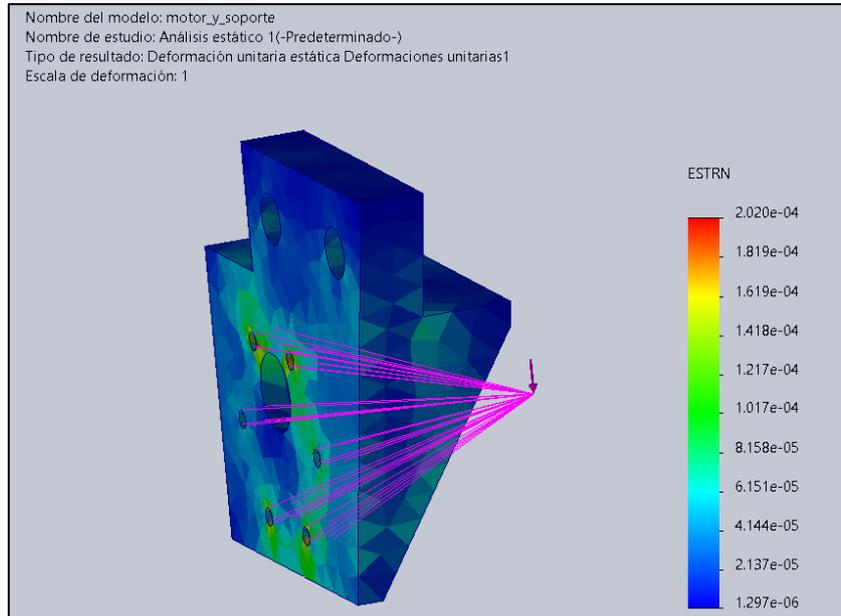


Figura 71: Deformaciones unitarias

**d. Factor de seguridad**

Sirve para garantizar la seguridad y la integridad de un sistema, asegurando que puede soportar las fuerzas y cargas a las que se expone a lo largo de su vida útil. Existen cinco teorías para el cálculo del factor de seguridad, la elección de cada teoría dependerá del material, sus propiedades y la aplicación a la que se destine. En

el caso de este soporte de ABS, se va a utilizar la Teoría de Coulomb-Mohr, empleada en materiales frágiles como cerámicas y rocas, pero útil también en el caso que nos ocupa, según escribió A. De La Calle en [14]. Además, la pieza de ABS que se va a analizar no es maciza, sino que presenta una estructura interna matricial, además, está continuamente sometida a los esfuerzos generados por la tensión de la correa.

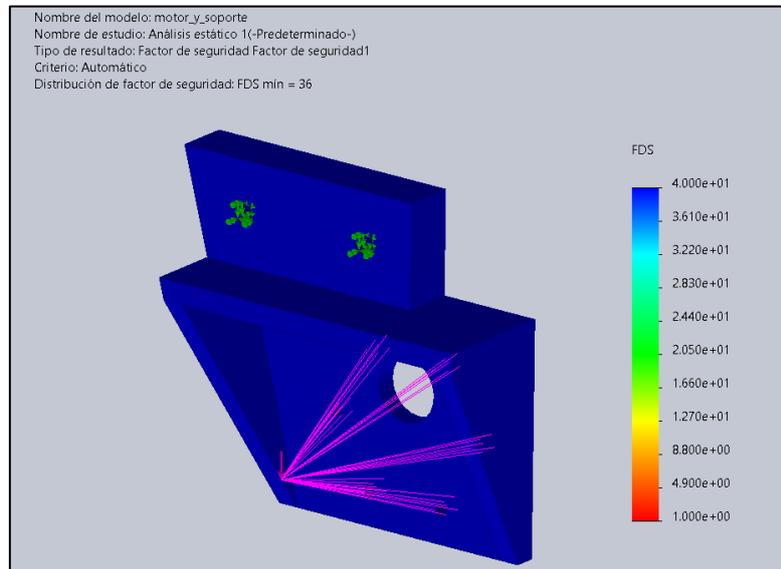


Figura 72: Deformaciones unitarias

Con el resultado obtenido se concluye que la tensión aplicada resulta válida para este estudio, ya que el factor de seguridad en el punto más desfavorable es 36.

### 3.2.1.2 Hipótesis 2

Se considera que la correa se encuentra tensionada debido al par máximo que realizan los motores (161,83 N). También se va a considerar la fuerza resultante de la oposición al movimiento del robot: 25,10 N. Esta fuerza se genera a partir de la masa del robot con masa de mayoración (5,842 kg).

Esta fuerza se aplica desde las ruedas a la correa. Teniendo en cuenta que esta fuerza se divide entre las dos ruedas, cada correa tendrá que soportar una tensión total de:

$$161,83 \text{ N} + \frac{25,10 \text{ N}}{2} = 174,38 \text{ N}$$

Para realizar este estudio se deberá tener en cuenta también la carga estática, es decir, la del peso del motor.

La carga dinámica tendrá su aplicación sobre la coordenada [X: -65,99 Y: -9,36 Z: -0,21] mm y con un ángulo de 10°, generando el par que se aplicará en cada uno de los agujeros del robot.

#### 1. Resultados:

- a. Tensiones: Se ha analizado la primera tensión principal.

Máxima: 33,662 MPa (Nodo 7630)  
Mínima: -12,886 MPa (Nodo 7626)

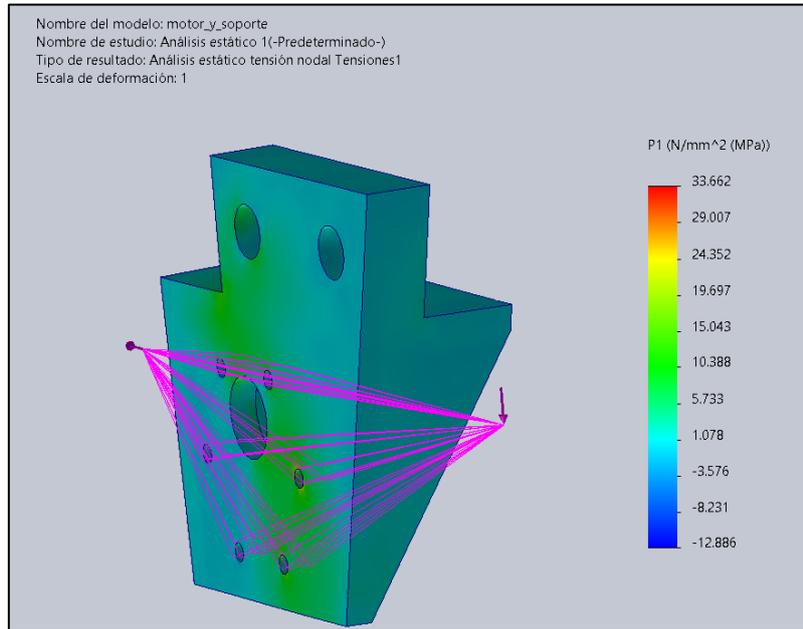


Figura 73: Primera tensión principal H2

**b. Desplazamientos:**

Máximo: 1,590 mm (Nodo 43)  
Mínimo: 0 mm (Nodo 3)

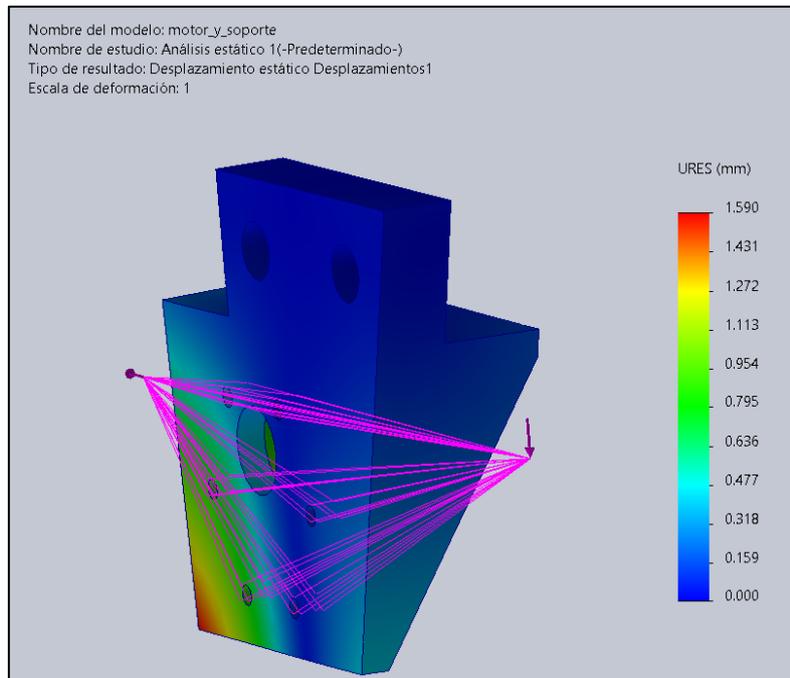


Figura 74: Desplazamientos H2

**c. Deformaciones unitarias:**

Máximo: 6,789e-03 mm (Nodo 4410)

Mínimo: 2,883e-05 mm (Nodo 1969)

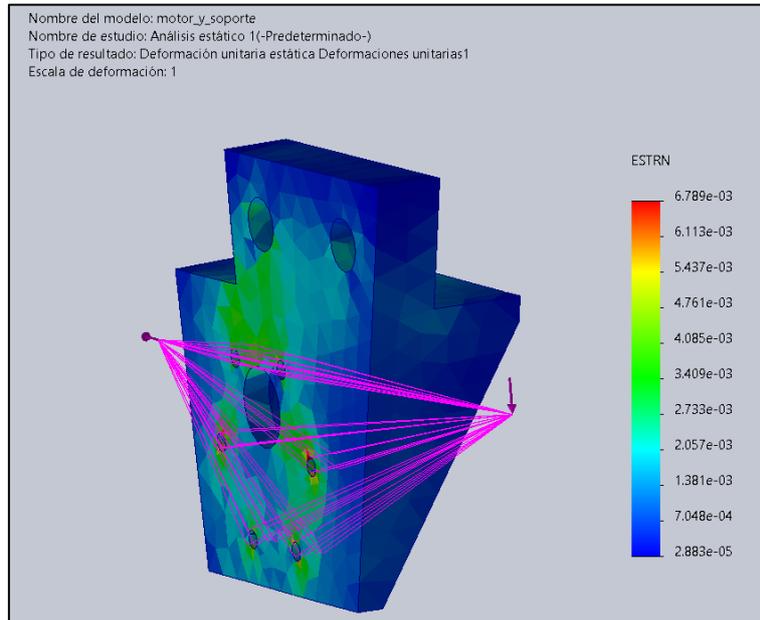


Figura 75: Deformaciones unitarias H2

#### d. Factor de seguridad

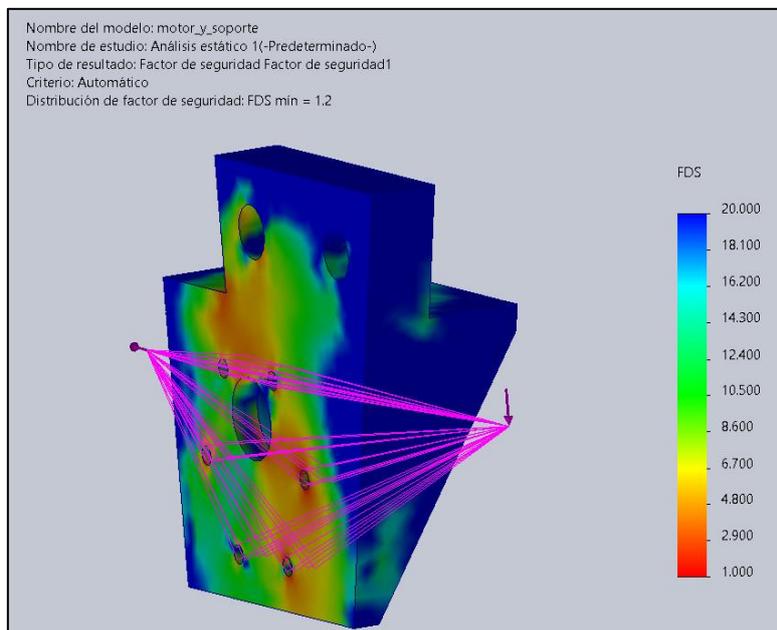


Figura 76: Factor de seguridad H2

Con una fuerza aplicada sobre la pieza de 174,38 N, la pieza cumple el factor de seguridad establecido bajo el mismo criterio que en la hipótesis anterior; la teoría de Coulomb-Mohr.

### 3.2.1.3 Hipótesis 3

A partir de la fuerza que realiza la correa cuando el motor cambia de sentido. Para ello se definirá una nueva fuerza con el mismo valor, pero en distinta ubicación: actuará en el ramal inferior de la correa.

#### a. Tensiones:

Máximo: 32,769 mm (Nodo 7626)

Mínimo: -12,353 mm (Nodo 8202)

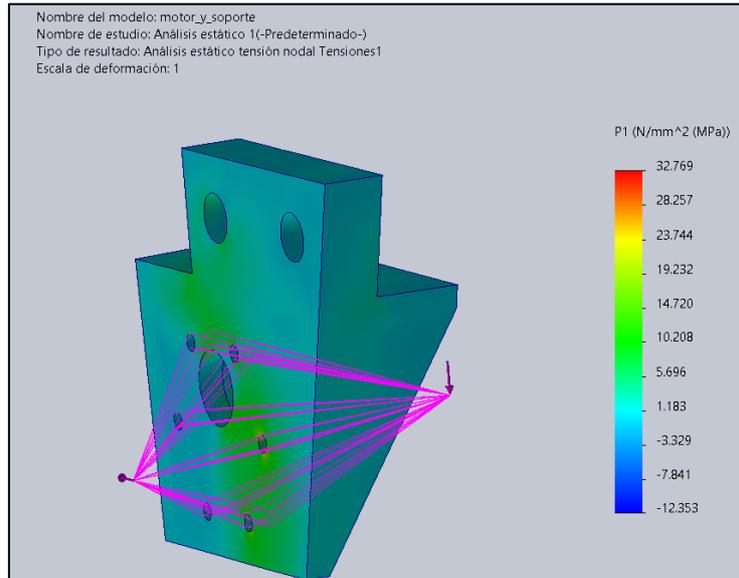


Figura 77: Tensiones H3

#### b. Desplazamientos:

Máximo: 1,437

Mínimo: 0

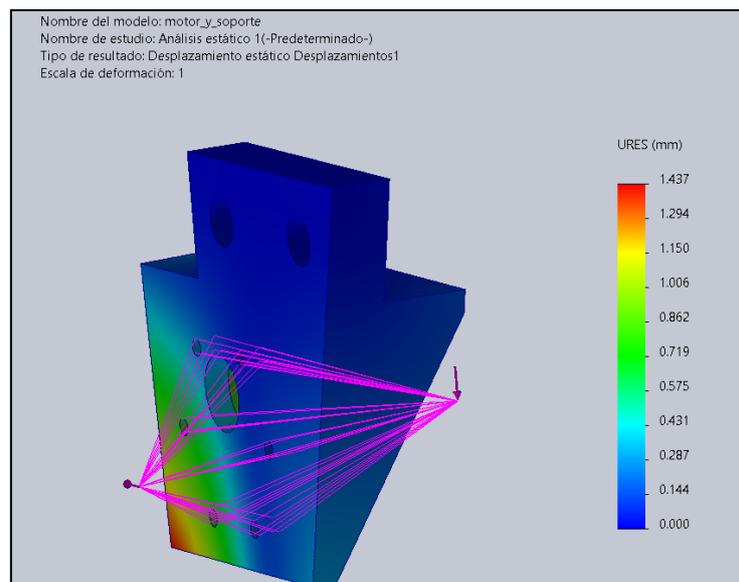


Figura 78: Desplazamientos H3

### c. Deformaciones unitarias

Máximo: 7,404e-03

Mínimo: 2,519e-05

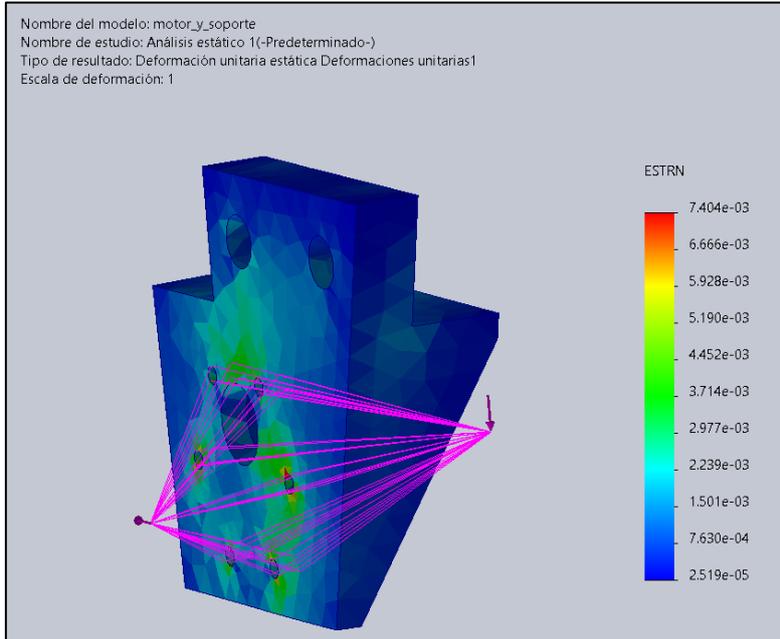


Figura 79: Deformaciones unitarias H3

### d. Factor de seguridad

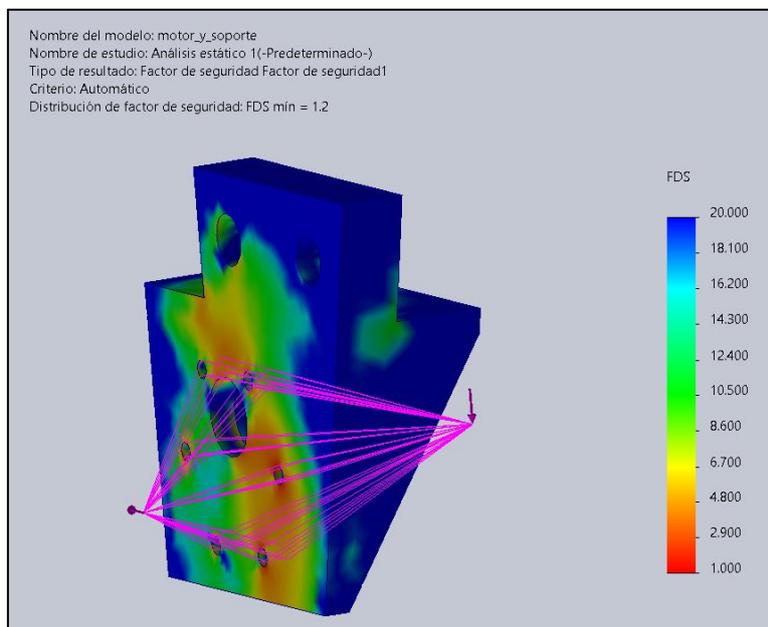


Figura 80: Factor de seguridad H3

## 3.3 Cálculos cinemáticos

Los cálculos que se realizarán en este apartado pretenden facilitar la tarea de control del robot.

### 3.3.1 Aceleración máxima que puede alcanzar el robot

Para evaluar la aceleración máxima que se puede aplicar sobre el robot, se ha realizado un ensayo para medir la fuerza de rodadura y otro para medir la fuerza de rozamiento (y el coeficiente). Para ello, se ha medido la tensión que realiza el robot cuando sus ruedas están bloqueadas y se arrastra el robot. De esta manera, si se aplica una aceleración que genere una fuerza mayor a la obtenida en el ensayo, las ruedas perderán agarre y deslizarán. Para conocer la aceleración a partir de la cual las ruedas empezarán a deslizar, se obtiene la fuerza de rodadura, con la cual, multiplicando por el radio de la rueda, se tiene el par resistente. El valor límite de aceleración se obtendrá igualando el par total, compuesto por el par resistente y el par de inercias con el par máximo, el que se produce a partir de la fuerza de rozamiento.

Como medidor de fuerza se ha utilizado el indicador modelo AFTI de la marca MECMESIN. Un indicador portátil cuyos datos se pueden obtener directamente en un ordenador ya que dispone de conexionado para ello, o leyendo los datos desde la pantalla del indicador. Esta herramienta es capaz de medir hasta 200 N.

Para asegurar la fiabilidad tanto del ensayo para obtener la fuerza de rodadura como el de la fuerza de fricción máxima, se han realizado con varias hipótesis de carga; únicamente con la masa del robot, con una masa adicional (P1) y con dos veces el valor de la masa adicional (2·P1)

Robot: 3,363 kg

La masa del robot se ha considerado teniendo en cuenta que hay 1 batería el compartimento.

Masa aplicada para mayorar la carga (P1): 2,479 kg

Combinación	Masa (kg)	$F_{roz}$ max (N)	Fuerza por motor
Robot	3,36	10	5
Robot + P1	5,84	18	9
Robot + 2·P1	8,32	22,10	11,55

Tabla 13: Ensayo para la fuerza de rozamiento

También se ha realizado un ensayo para hallar la fuerza de rodadura que se produce en las ruedas del robot.

Combinación	Masa (kg)	$F_{rod}$ max (N)	Fuerza por motor
Robot	3,36	11,5	5,75
Robot + P1	5,84	14,8	7,4
Robot + 2·P1	8,32	16,5	8,25

Tabla 14: Ensayo para la fuerza de rodadura

La fuerza de rozamiento se ha obtenido a partir del ensayo realizado con las ruedas bloqueadas, en el que la fuerza normal tiene un valor de:

$$F_n = m \cdot g = 3,36 \cdot 9,81 = 32,96 \text{ N}$$

$$F_{roz} = \mu \cdot F_n \quad [12]$$

Los coeficientes de rozamiento serán, para todo el robot:

$$\mu = \frac{F_{roz}}{F_n} = \frac{10}{32,96} = 0,3296$$

$$\mu = \frac{F_{roz}}{F_n} = \frac{18}{32,96} = 0,546$$

$$\mu = \frac{F_{roz}}{F_n} = \frac{22,10}{32,96} = 0,67$$

Para verificar que la aceleración que se aplica no crea un par que supera el máximo permitido, se aplica:

$$M_T = M_{RES} + M_{INERCIAS} = M_{MÁX} = F_{ROZ} + r_{rueda} \quad [13]$$

Sabiendo que:

$$M_{RES} = M_{ROD} + M_{ROZ} \quad [14]$$

$$M_{INERCIAS} = I_{eq} + \alpha \quad [15]$$

Ya que el par debido al rozamiento interno de los componentes es muy cercano a cero, se desprecia, quedando:

$$M_{RES} = M_{ROD} = F_{ROD} \cdot r \quad [16]$$

$$M_{RES} = M_{ROD} = 16,5 \cdot 0,070 = 1,155 \text{ Nm}$$

Como  $F_{ROD}$  se ha tomado la fuerza que se ha ensayado con la máxima carga, 8,32 kg.

#### Inercia de las ruedas

Masa de una rueda: 0,075 kg

Radio de una rueda: 35 mm (0,035 m)

$$I_r = \frac{1}{2} \cdot m_r \cdot r^2 \quad [17]$$

$$I_r = \frac{1}{2} \cdot 0,075 \cdot 0,035^2 = 45,9375_{x10^{-6}} \text{ kgm}^2$$

Al haber dos ruedas:

$$I_r = 45,9375_{x10^{-6}} \cdot 2 = 91,875_{x10^{-6}} \text{ kgm}^2$$

#### Par en las ruedas

$$M_{ruedas} = F_{total} \cdot r \quad [18]$$

$$42,93 \cdot 0,035 = 1,50 \text{ Nm}$$

#### Inercia en las poleas conductoras

Masa de una polea conductora: 0,029 kg

Radio primitivo de una polea conductora: 12 mm (0,012 m)

$$I_{p1} = \frac{1}{2} \cdot m_{p1} \cdot r^2 \quad [19]$$

$$I_{p1} = \frac{1}{2} \cdot 0,029 \cdot 0,012^2 = 2,088_{x10^{-6}} \text{ kgm}^2$$

La velocidad del eje del motor y la polea conductora (p1) es la misma:

$$\omega_e = \omega_{p1} \quad [20]$$

Relación de transmisión entre el eje del motor y la polea conducida p2

$$i = \frac{\omega_{p2}}{\omega_e} = \frac{8,57}{18,85} = 0,455$$

Par en las polea conductora

$$M_{ruedas} = F_{total} \cdot r \quad [21]$$

$$42,93 \cdot 0,035 = 1,50 \text{ Nm}$$

Inercia en las poleas conducidas

Masa de una polea conducida: 0,0091 kg

Radio primitivo de una polea conducida: 28 mm (0,028 m)

$$I_{p2} = \frac{1}{2} \cdot m_{p2} \cdot r^2$$

$$I_{p2} = \frac{1}{2} \cdot 0,0091 \cdot 0,028^2 = 3,567_{x10^{-6}} \text{ kgm}^2$$

$$\text{Velocidad: } \omega = 81,85 \frac{2\pi}{60} = 8,57 \text{ rad/s}$$

El par en el eje del motor se calcula a partir de:

$$M_{motor} = \frac{P_{motor}}{\omega_{motor}} \quad [22]$$

$$M_{motor} = \frac{10 \text{ W}}{180 \cdot \frac{2\pi}{60}} = 0,53 \text{ Nm}$$

La relación de transmisión entre las poleas conductoras y conducidas es:

$$i = \frac{d1}{d2} = \frac{24}{56} = 0,455$$

Ecuación del balance energético

$$\frac{1}{2} I_R \omega_R^2 = + \frac{1}{2} I_{p1} \omega_{p1}^2 + \frac{1}{2} I_r \omega_r^2 + \frac{1}{2} I_{p2} \omega_{p2}^2 + \frac{1}{2} m_{robot} v_{robot}^2 \quad [23]$$

Donde

$$\omega_{p1} = \omega_R \quad [24]$$

La inercia reducida será

$$\frac{1}{2}I_R \cdot 18,85^2 = \frac{1}{2}2,088_{x10^{-6}} \cdot 18,85^2 + \frac{1}{2}45,9375_{x10^{-6}} \cdot 8,57^2 + \frac{1}{2}3,567_{x10^{-6}} \cdot 18,85^2 + \frac{1}{2}3,36 \cdot 8,57^2$$

$$I_R = 4,5_{x10^{-4}} \text{ kgm}^2$$

Aplicando de nuevo la ecuación del par total, e igualando al par máximo:

$$M_T = M_{RES} + M_{INERCIAS} = M_{MÁX} = F_{ROZ} + r_{rueda} \quad [25]$$

Despejando:

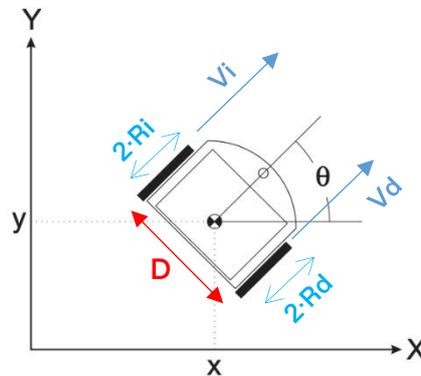
$$1,155 + 4,5_{x10^{-4}} \cdot \alpha = 22,10 + 0,070$$

$$\alpha = 19,187 \text{ rad/s}^2$$

### 3.4 Control de posición

La precisión es fundamental en este proyecto, por lo que se va a realizar un estudio de movimiento y posición del robot, teniendo en cuenta los posibles movimientos de avance, giro y retroceso. Utilizando los sensores encoder, es posible realizar un posicionamiento preciso, por lo que en este apartado se desarrollarán las ecuaciones de posicionamiento del robot.

Se considera el robot como un punto centrado en el eje de acción de las ruedas:



Las variables por contemplar en el sistema son:

$V_i$  = Velocidad en la rueda izquierda

$V_d$  = Velocidad en la rueda derecha

$\omega_i$  = Velocidad angular de la rueda izquierda

$\omega_d$  = Velocidad angular de la rueda derecha

$R_i$  = Radio de la rueda izquierda

$R_d$  = Radio de la rueda derecha

$D$  = Distancia entre las ruedas

$\theta$  = Angulo respecto el eje horizontal de referencia

Las velocidades lineales de las ruedas se pueden calcular a partir de su velocidad angular y el radio.

$$V_i = R_i \cdot \omega_i \quad [26]$$

$$V_i = R_d \cdot \omega_d \quad [27]$$

Por tanto, la velocidad del robot se halla a partir de la media de las velocidades, pero teniendo en cuenta una proporcionalidad entre los radios:

$$V = r \cdot \frac{V_d + V_i}{2} \quad [28]$$

En cuanto al giro, éste se produce cuando existe una diferencia en la velocidad de las ruedas. Dependiendo de la distancia entre ellas, la velocidad de giro será mayor o menor. Al igual que en el caso anterior, se tienen en cuenta también los radios de las ruedas.

$$V = r \cdot \frac{V_d - V_i}{D} \quad [29]$$

Dadas las ecuaciones anteriores, la posición global se puede plantear como:

$$x' = x + V \cdot \cos(\theta) \cdot t \quad [30]$$

$$y' = y + V \cdot \sin(\theta) \cdot t \quad [31]$$

$$\theta' = \theta + \omega \cdot t \quad [32]$$

En forma matricial, se denota como una matriz que multiplica el vector de velocidad lineal ( $v$ ) y angular ( $\omega$ ):

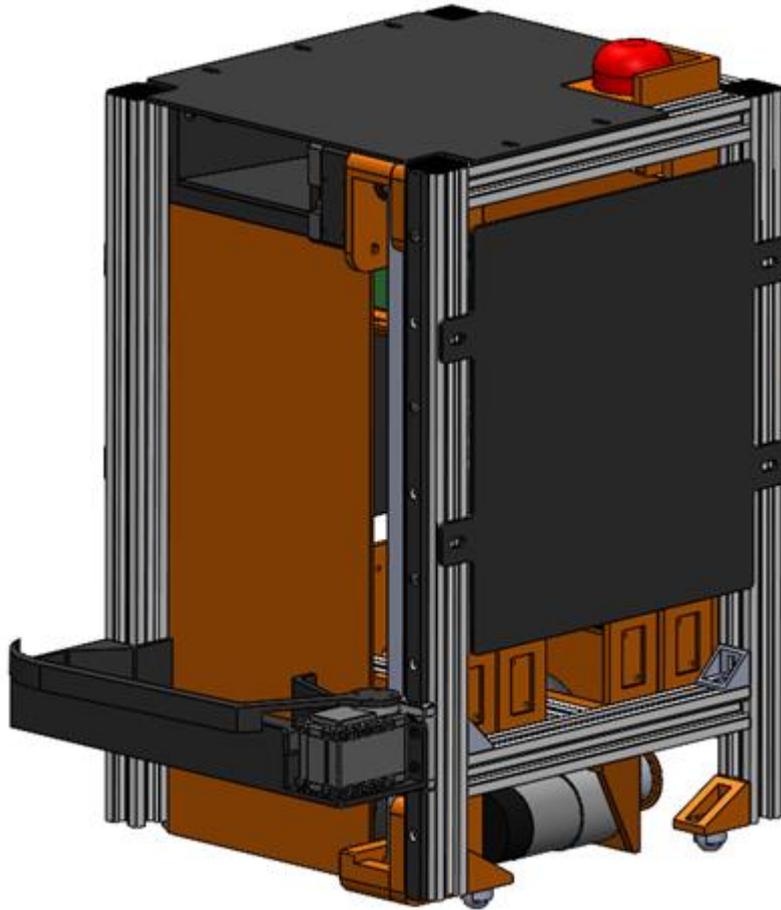
$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ \theta' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos(\theta) & 0 \\ \sin(\theta) & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} V \\ \omega \end{pmatrix} \quad [33]$$

Sustituyendo:

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ \theta' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos(\theta) & 0 \\ \sin(\theta) & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} r \cdot \frac{V_d + V_i}{2} \\ r \cdot \frac{V_d - V_i}{D} \end{pmatrix} \quad [34]$$

Multiplicando, se obtiene finalmente:

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ \theta' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} r \cdot \cos(\theta) \cdot \frac{V_d + V_i}{2} \\ r \cdot \sin(\theta) \cdot \frac{V_d + V_i}{2} \\ r \cdot \frac{V_d - V_i}{D} \end{pmatrix} \quad [35]$$



<b>Grado</b>	Ingeniería Mecánica
<b>Título</b>	Proyecto de diseño mecánico, control de posición y análisis cinemático de un prototipo de robot móvil diferencial para la resolución de retos en el concurso Eurobot.
<b>Autora</b>	Elena García Canet
<b>Tutor</b>	Jaime Masiá Vañó
<b>Fecha</b>	JUNIO 2024
<b>Volumen</b>	Documento N.º 3: Anexos
<b>Anexo IV – Selección de materiales y procesos de fabricación</b>	

## Anexo IV: Índice

Anexo IV. Selección de procesos de fabricación y materiales .....	94
Selección de los procesos de fabricación .....	94
Procesos primarios .....	94
Procesos secundarios .....	95
Proceso de selección del material .....	97
Soportes y elementos mecánicos .....	97

## 4 Anexo IV. Selección de procesos de fabricación y materiales

Se va a analizar tanto el proceso de fabricación primario para los componentes que realizan la función de elementos de soporte o que se necesitan para realizar una función concreta, así como aquellos procesos de fabricación secundarios. También se va a realizar la selección de los materiales que se van a utilizar.

### 4.1 Selección de los procesos de fabricación

El procedimiento se ha realizado mediante el programa Granta Edupack, atendiendo a las necesidades del diseño.

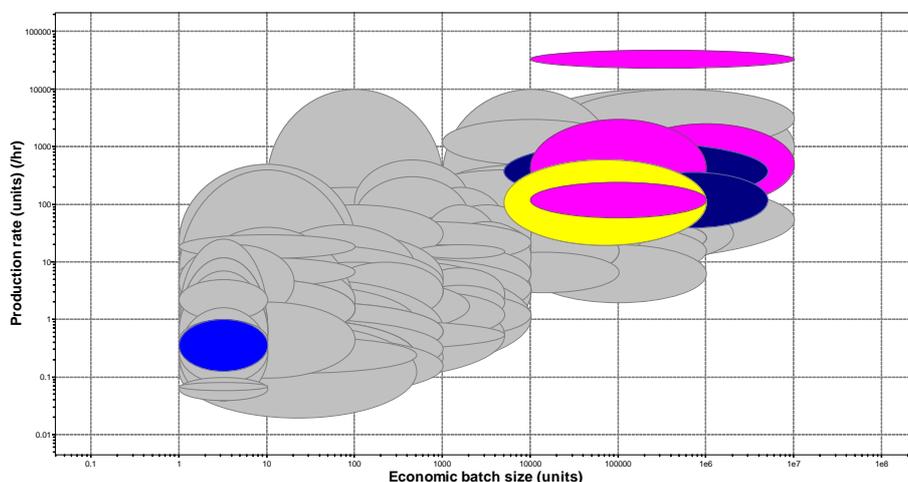
#### 4.1.1 Procesos primarios

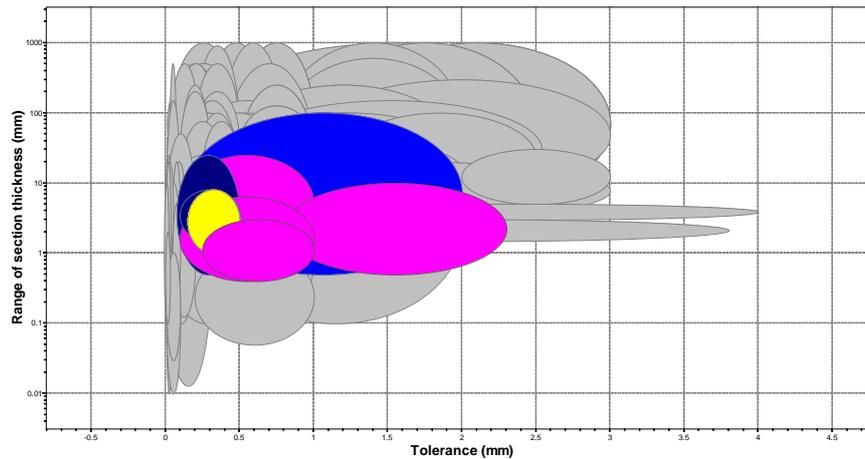
En el software, se introducirá el tipo de fabricación que se quiere, clasificando desde *procesos primarios de fabricación* y a continuación, *proceso de fabricación por conformado*.

##### 4.1.1.1 Restricciones de fabricación:

El siguiente paso será introducir en la ventana "Límite" las restricciones para el proceso:

- Tolerancia: inferior o igual a 2 mm
- Capacidad de fabricación de piezas de masa reducida: menor a 0,2 kg
- Tipo de proceso de fabricación: proceso primario de conformado
- Geometría del sólido: sólido hueco o con una matriz interna que aporte resiliencia a la pieza. Se fabricará de forma que no sea solida en su totalidad.
- Intensidad de trabajo: baja.
- Rango de masas: Ligeras, se debe facilitar el movimiento del robot. Masa limitada a 0,2 kg.
- Tolerancias: Rango de tolerancias en 0,5-2 mm, las piezas se van a emplear en partes con encajes.
- Tasa de producción: baja, se trata de un prototipo.
- Tamaño de lote económico: cuanto menor sea el equipamiento utilizado, el proceso resultara más barato.





▼ Physical attributes				
		Mínimo	Máximo	
Mass range		<input type="text"/>	0,2	kg
Range of section thickness		<input type="text"/>	<input type="text"/>	mm
Tolerance		0,5	2	mm

#### 4.1.1.2 Elección del proceso de fabricación

Tras haber limitado los procesos de fabricación disponibles, quedarán los siguientes procesos disponibles:

- Prensado y sinterización
- Moldeo por soplado de vidrio
- Fundición a alta presión
- Moldeo por inyección y soplado
- Moldeo por inyección (termoplásticos)
- Moldeo por inyección (termoestables)
- **Extrusión de materiales**
- Moldeo por inyección de polvo

La conclusión es que el proceso que mejor se adapta a las características anteriormente expuestas es el conformado por extrusión de material, siendo factible y económico, ya que se dispone de impresoras dónde se puede fabricar el soporte sin necesidad de contratar la fabricación a externos. más conocido como Fabricación por Filamento Fundido (FFF) o Modelado por Deposición Fundida (FDM):

- Materiales compatibles: Polímeros termoplásticos y algunas aleaciones metálicas
- Rango de masas: 0,1 – 15 kg
- Tamaño de lote económico: 1 – 10
- Rango de espesores: 0,5 – 100 kg

## 4.1.2 Procesos secundarios

### 4.1.2.1 Corte de la perfilería

Las barras adquiridas deben ser cortadas a la medida elegida. La finalidad es obtener barras de diferentes longitudes. Si que va a primar un proceso capaz de cortar a aluminio sin necesidad de realizar una elevada inversión económica.

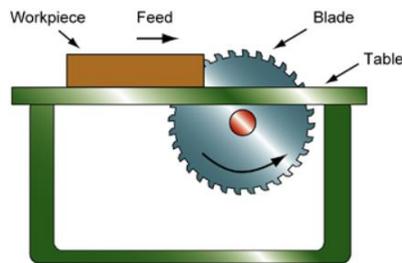


Figura 81: Sierra de disco

Los perfiles adquiridos para conformar la estructura del robot se suministran por tiradas de 3 m de longitud, por lo que se necesita realizar un proceso de corte para conseguir la longitud óptima. El corte se realizará en las instalaciones de la Universidad, con una **sierra de disco**, concretamente con un disco de desbaste de 180 mm.



Figura 82: Perfil para la estructura

Existen otras alternativas como el corte con sierra de cinta, el corte con sierra transversal o el corte por láser con las que se puede conseguir el corte requerido, pero se ha escogido el corte con disco por disponibilidad y cercanía.

### 4.1.2.2 Corte de las planchas de polimetacrilato (PMMA)

Para dar la geometría adecuada a las planchas de metacrilato que cumplirán la función de cubrir las caras del robot, se procesarán con corte láser.

Este proceso se caracteriza por:

- Elevada precisión en el corte y adecuado para el polimetacrilato (PMMA).
- Equipamiento relativamente costoso (no se considera una desventaja ya que la UPV dispone de equipo de corte láser).

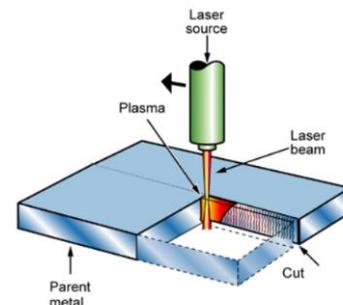


Figura 83: Corte láser. Fuente: Granta EduPack

### 4.1.2.3 Alojamiento para tornillo prisionero en la polea

En la polea conductora de la base locomotriz, se ha optado por realizar alojamientos para tornillos prisioneros, que asegurarán el agarre de las poleas al eje motor. Para ello, se ha realizado un taladrado ya que se posee el equipamiento para ello y es un proceso apto para Aluminio 6061. Para ello, se utiliza una broca HSS rectificada de 6 mm.

## 4.2 Proceso de selección del material

Mediante la herramienta Granta Edupack, se ha obtenido el material adecuado para los componentes que se requiere fabricar mediante el proceso anteriormente escogido.

### 4.2.1 Soportes y poleas

#### Restricciones

- Resistencia a la propagación de las fracturas.
- Resistencia a la deformación bajo la máxima tensión aplicada.

#### Objetivos

- Disminución la masa
- Disminución del coste

#### Limitaciones debidas al proceso de fabricación

El material debe ser compatible con el proceso de FDM (Fabricación con Material Extruido, según Granta EduPack).

- Este proceso es compatible solo con termoplásticos que tengan una excelente capacidad de extrusión.

### Etapa 1: Maximizar la rigidez en relación con la densidad

Para lograr esto, se utilizó un coeficiente específico diseñado para elementos sometidos a una carga tridimensional, que maximiza la propiedad de la rigidez en relación con la densidad.

$$M = \frac{E^{\frac{1}{3}}}{\rho} \quad [36]$$

Dónde  $E$  = Módulo de Young y  $\rho$  = densidad

Para limitar los resultados adecuadamente se ha atendido a la expresión logarítmica

$$\log E = 3 \log \rho + 3 \log M \quad [37]$$

Dónde  $3 \log M$  corresponde al índice,  $\log E$  es el valor del eje Y y  $3 \log \rho$  el del eje X.

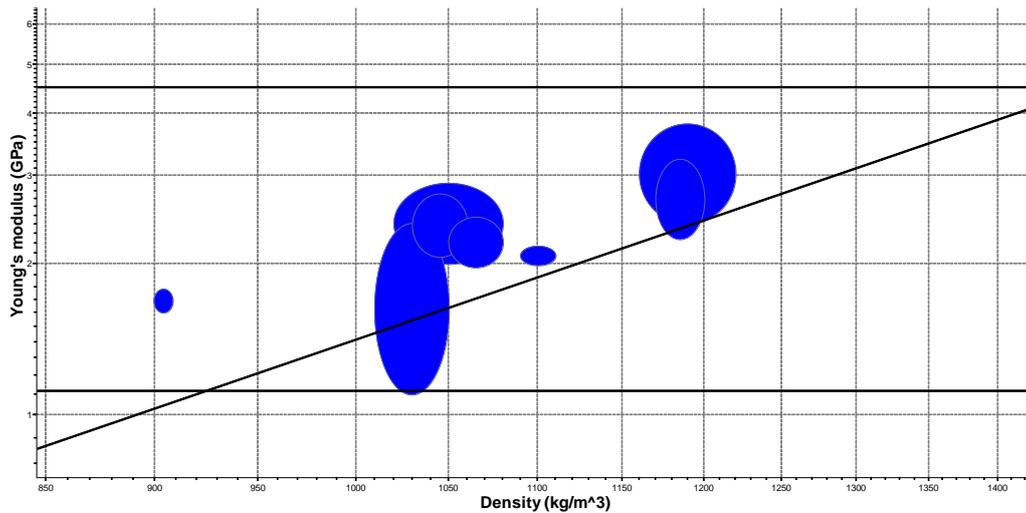


Figura 84: Etapa 1. Fuente: Granta EduPack

### Etapa 2: Maximizar el módulo de ruptura en relación con la densidad

En el caso del módulo de ruptura, se ha aplicado el índice:

$$M = \frac{\sigma_f^{1/2}}{\rho} \quad [38]$$

$$\log \sigma_f = 2 \log \rho + 2 \log M \quad [39]$$

Dónde  $2 \log M$  corresponde al índice,  $\log \sigma_f$  es el valor del eje Y y  $2 \log \rho$  el del eje X.

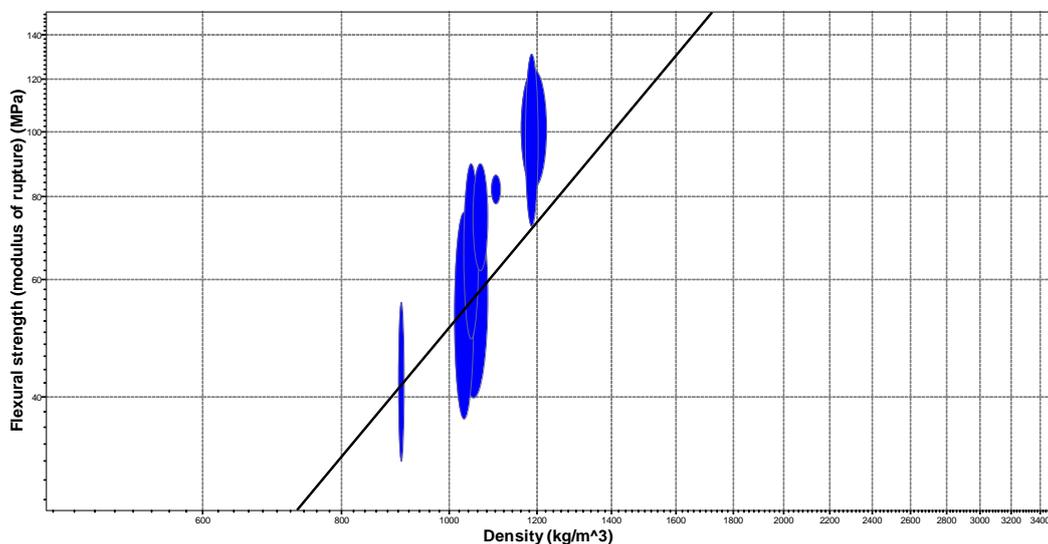


Figura 85: Etapa 2. Fuente: Granta EduPack

### Etapa 3: limitación por proceso de fabricación

A través del apartado "Árbol" el programa permite seleccionar el proceso de fabricación con el que se va a fabricar el soporte para limitar todos los polímeros a aquellos que son compatibles únicamente con el proceso seleccionado.

#### Etapa 4: limitación de las características de los materiales

Se quiere que el filamento usado sea puramente polimérico, por lo que a través de la herramienta "Límite" y "Composition detail" se ha impuesto que el Polímero debe componer la pieza en su totalidad. También se ha establecido como tipo de polímero el termoplástico.

- Plastic (thermoplastic, amorphous)
- Plastic (thermoplastic, semi-crystalline)

#### Etapa 5: propagación de la fractura

Debido a que se pretende fabricar el soporte mediante filamento fundido, resultando en una pieza cuya estructura interna no será completamente sólida y que posteriormente se desea atornillar a los perfiles, el proceso podría ocasionar fracturas o fisuras que sería deseable que no se propaguen a lo largo de la pieza. Por esta razón, se ha elaborado un gráfico unidimensional para clasificar los materiales en función de su resistencia a la propagación de fracturas.

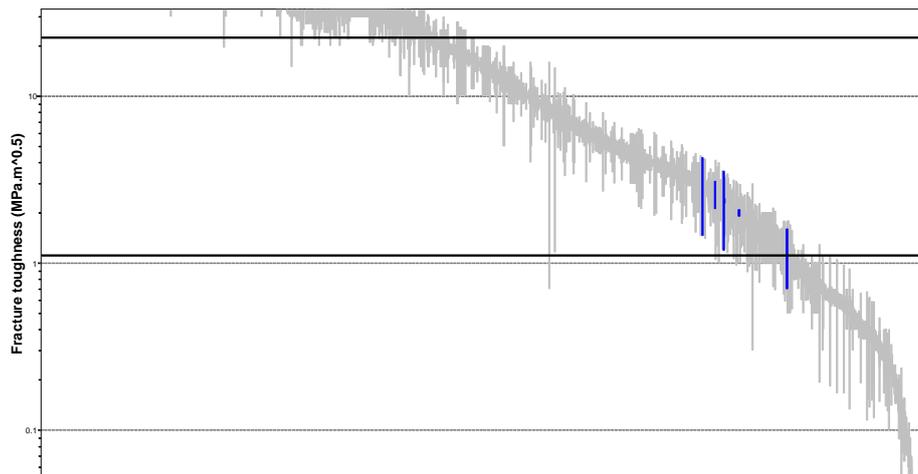


Figura 86: Etapa 5. Fuente: Granta EduPack

#### Etapa 6: precio (EUR/kg)

El proceso se ha limitado por el precio, estableciendo un rango entre 1,52 y 2,9.

Nombre	Young's modulus (GPa)
PMMA (heat resistant)	2,41 - 3,8
PMMA (molding and extrusion)	2,24 - 3,24
ABS (extrusion)	2 - 2,9
ABS (medium-impact, injection mold...)	2,07 - 2,76
ABS (heat resistant, injection molding)	1,97 - 2,48
ABS (high-impact, injection molding)	1,1 - 2,41
PP (homopolymer, clarified/nucleated)	1,6 - 1,78

Figura 87: Lista de materiales. Fuente: Granta EduPack

#### 4.2.1.1 Elección del material

Después de haber establecido las limitaciones anteriores, el proceso se reduce a tres materiales:

- ABS
- PP
- PMMA

Se optó por seleccionar el ABS debido a su equilibrio en cuanto a las propiedades mencionadas, así como su disponibilidad en el mercado como producto usado habitualmente para la impresión 3D. El valor exacto de cada una de las etapas sería:

<b>Etapa 1</b>	
Módulo de Young (GPa)	2 – 2,9
Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	1,02e3 – 1,08e3
<b>Etapa 4</b>	
Propagación de la fractura (MPa · m <sup>0,5</sup> )	1,9 – 2,1
<b>Etapa 5</b>	
Precio (€/kg) *	1,52 – 2,22

Tabla 15: Características ABS por etapas

\* El precio varía de materia prima a procesado para filamento.

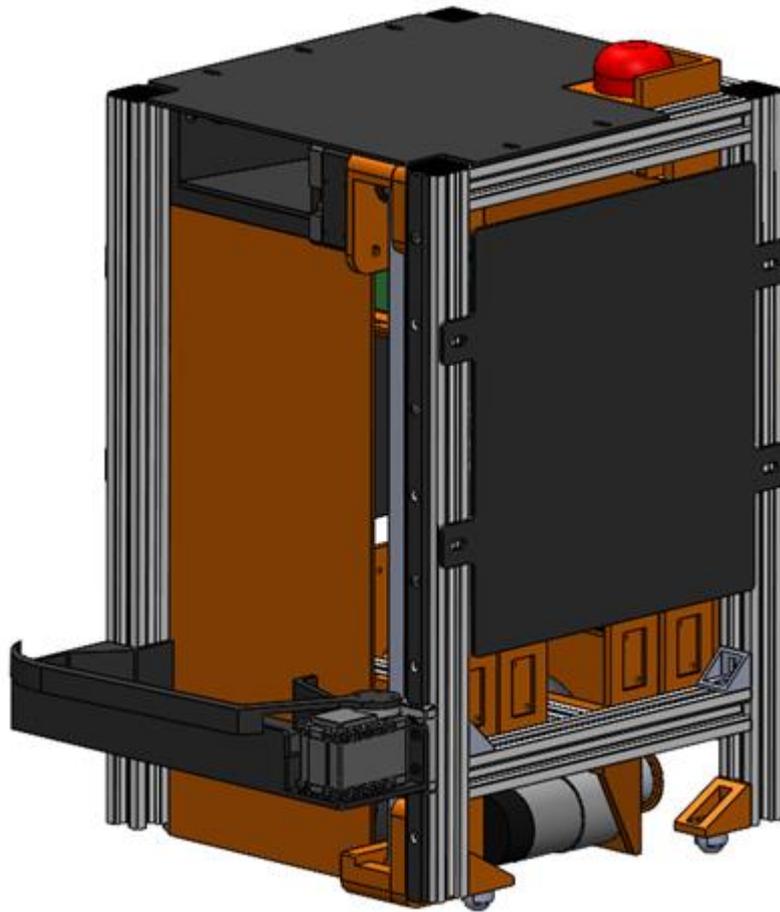
#### 4.2.2 Otros componentes

Adicionalmente al ABS, se optó por seleccionar el ácido poliláctico o PLA para fabricar aquellos componentes que no requieran gran flexibilidad y dureza.

Imprimir con PLA es más sencillo respecto al ABS, ya que no se necesita tener un ambiente de temperaturas tan controlado, pues sometiéndolo a cambios muy suaves de temperatura, pierde sus características fundamentales. Además, se trata de un material biodegradable. Consultar [3], [10], [22].

	Resistencia a la tracción máx. (MPa)	Alargamiento a la rotura	Resistencia al impacto IZOD	Biodegradable
ABS	36,3	7,4 %	40,0 kJ/mXNUMX <sup>2</sup>	NO
PLA	49,5	5,2 %	5,1 kJ/mXNUMX <sup>2</sup>	SI

Tabla 16: Comparativa de propiedades ABS y PLA. Fuente: [liqcreate](#)



<b>Grado</b>	Ingeniería Mecánica
<b>Título</b>	Proyecto de diseño mecánico, control de posición y análisis cinemático de un prototipo de robot móvil diferencial para la resolución de retos en el concurso Eurobot.
<b>Autora</b>	Elena García Canet
<b>Tutor</b>	Jaime Masiá Vañó
<b>Fecha</b>	JUNIO 2024
<b>Volumen</b>	Documento N.º 4
<b>Pliego de condiciones</b>	

## Pliego de condiciones: índice

Condiciones generales.....	103
Normativa propia de la competición.....	103
Objeto.....	103
Cronograma y plazos.....	105
Normativa para componentes normalizados.....	104
Normativa para el material de los componentes.....	104
Transporte.....	105
Condiciones de seguridad.....	106
Pliego de condiciones técnicas.....	106
Destinatario de uso y posibles aplicaciones.....	106
Manual de mantenimiento.....	106
Materiales y fabricación.....	107
Puesta en marcha.....	107

# 1 Objeto

La finalidad de este Anexo es definir las cualidades bajo las que se va a desarrollar el proyecto para que se trate de un proyecto fiable en cuanto a la funcionalidad para la que ha sido diseñado.

## 2 Condiciones generales

Dada naturaleza del Proyecto se ve conveniente pautar las restricciones, limitaciones y campo de aplicación del prototipo realizado.

### 2.1 Normativa propia de la competición

La principal restricción para el diseño del robot viene impuesta por la normativa del concurso Eurobot, siendo esencial que se cumplan todos los aspectos con el fin de asegurar la presentación del robot en la competición.

#### 2.1.1 Requisitos de diseño en función de la normativa del concurso

A continuación, se va a describir los puntos más importantes de la normativa, aquellos que afectan directamente al robot a diseñar.

- Cada equipo puede presentar hasta dos robots que conjuntamente no pueden superar un perímetro de 2050mm. Por separado, un robot no puede superar los 1200mm cuando todos sus elementos articulados están replegados y los 1300mm cuando se encuentran replegados. En cuanto a altura, los robots no pueden superar los 350mm, exceptuando el caso en que esta medida es superada por la presencia del botón de emergencia.

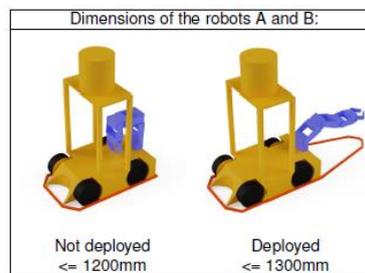


Figura 88: Perímetro de los robots. Fuente: Normativa Eurobot 2023

- Los robots deberán incorporar un botón de emergencia que no exceda los 375mm desde la base del suelo.
- Los partidos duran 100 segundos, por tanto, cualquier acción o movimiento debe de encontrarse en este rango de tiempo.
- Cualquier colisión el robot con el del contrincante supondrá una penalización para el equipo que colisiona.
- Por cada pelota (cereza) que sea introducida en una cesta que habrá construido previamente el equipo, se sumará un punto, siendo 40 el número total de bolas disponibles en el tablero para ambos equipos.
- Las bolas usadas deben ser pelotas rojas de poliuretano de 22 mm de la marca *Nerf Rival*.

## 2.2 Normativa para componentes normalizados

### **ISO 4762 / DIN 912**

Tornillo de cabeza cilíndrica con hueco hexagonal.

### **DIN 7991**

Tornillos de cabeza plana con hueco hexagonal.

### **UNE-EN ISO 4029:2005**

Tornillos sin cabeza con hueco hexagonal y extremo con cono embutido.

### **DIN 562**

Tuercas cuadradas.

### **DIN 934 / ISO 4032**

Tuercas hexagonales normales, tipo 1.

### **ISO 15243:2017**

Rodamientos. Daños y fallas. Términos, características y causas.

### **ISO 5593:2019 / DIN 623**

Designación de los rodamientos.

### **UNE 18037:1984**

Rodamientos. Rodamientos radiales. Medidas principales. Plan general.

### **UNE 18031:1991**

Rodamientos. Rodamientos radiales. Tolerancias.

### **DIN 625**

Rodamientos de bolas de ranura profunda.

### **ISO 76**

Capacidad de carga estática de un rodamiento.

### **DIN 620**

Tolerancias de medida y rodadura en rodamientos.

### **DIN EN ISO 13850:2016**

Seguridad de las máquinas. Función de parada de emergencia. Principios para el diseño. (ISO 13850:2015).

### **UNE 18153:1981**

Transmisiones síncronas por correas.

## 2.3 Normativa para el material de los componentes

### **EN AW - 6060**

Aleación de aluminio Al MgSi.

### **UNE-EN 10088-3:2015**

Aceros inoxidables. Parte 1: Relación de aceros inoxidables.

## 2.4 Normativas generales

### **UNE 157001:2014**

Criterios generales para la elaboración formal de los documentos que constituyen un proyecto técnico.

### **ISO 1101**

Especificaciones geométricas de un producto (Tolerancias geométricas).

### **UNE EN 22768-1**

Tolerancias generales. Parte 1: tolerancias para cotas dimensionales lineales y angulares sin indicación individual de tolerancia.

### **EN ISO 3691-4**

Carretillas de mantenimiento. Requisitos de seguridad y verificación. Parte 4: Carretillas industriales sin conductor y sus sistemas.

### **UNE-EN ISO 13482**

Robots y dispositivos robóticos. Requisitos de seguridad para robots no industriales. Robots de asistencia personal no médicos.

**ISO 15534**

Diseño ergonómico para la seguridad de la maquinaria. Parte 1.

**UNE-EN ISO 10218-1:2012**

Robots y dispositivos robóticos. Requisitos de seguridad para robots industriales.

**ISO/TS 15066:2016**

Robots y dispositivos robóticos. Robots colaborativos.

## 2.5 Cronograma y plazos

El periodo del proyecto abarca la construcción, diseño y programación para el momento de la competición y deberá transcurrir durante el tiempo entre el lanzamiento de la normativa y la competición. La normativa fue lanzada el 6 de septiembre de 2022, y se establecieron los días 21 y 22 de abril de 2023 para realizar la competición en las instalaciones de la Universidad de Alcalá de Henares, Madrid. El tiempo destinado para que cada parte encargada del equipo prepare el robot transcurre con un cronograma como el siguiente:

- Septiembre y parte de octubre: contactar proveedores y primeras ideas de diseño
- Octubre, noviembre y parte de diciembre: establecer diseño, realizar pruebas constructivas para estudiar la posibilidad de hacer modificaciones técnicas del diseño. Consensuar junto al equipo programador, la forma de conseguir el objetivo común.
- Diciembre, enero y parte de febrero: lanzar el diseño al equipo de construcción y programación de aquellas partes que no necesitan que el robot se encuentre construido, como los dispositivos de visión o calibración de sensores.
- Febrero y marzo: implementación de los componentes programados, estudio de la cinemática del robot y corrección de errores
- Abril: simulación de una partida de la competición sobre el terreno de juego y recalibración de sensores en caso necesario.

## 2.6 Transporte

Dada la delicada naturaleza algunos componentes del proyecto, será esencial asegurar que el robot no sufre daños durante el proceso de transporte. El responsable de los daños que pueda sufrir el robot durante el transporte del prototipo será el propio Grupo de Robótica, no afectando al organismo organizador del evento.

Para el momento de transporte, el Grupo puede desatornillar la parte de la caja (que contiene el motor y la garra) de la patín, siempre asegurando que ésta no puede deslizarse y salir de la guía, pudiendo perder las bolas que contiene el patín. Para ello, deberá limitarse el movimiento de la guía mediante cintas de Velcro o bridas.

Es esencial que el robot se proteja de cualquier impacto mediante espumas para embalaje, así como debidamente cubierto. En el caso del transporte a la competición Eurobot, se utilizó una caja de herramientas con ruedas y este tipo de espuma en las paredes de la caja.

## 2.7 Destinatario de uso y posibles aplicaciones

El robot del proyecto se ha diseñado con la finalidad de ser utilizado por el Grupo de Robótica durante la competición Eurobot, por lo tanto, el destinatario de uso son los integrantes del Grupo que se presenten al Eurobot y el arbitraje, dado que los robots podrán ser manipulados por ellos. En Gromep, será la persona responsable del robot la que sea capaz de autorizar a aquellas que trabajarán en él (personas que desarrollen el código, encargadas de la parte eléctrica, encargadas de la parte de diseño...) para que puedan manipular el robot, siendo concededoras de la Normativa del Eurobot, así como de los requisitos de montaje que sean necesarios.

Una aplicación alternativa a la que se estudia en este proyecto, podría ser como robot utilizado para organizar inventario en una fábrica.

## 2.8 Condiciones de seguridad

Es esencial que el robot siempre sea manipulado por los usuarios autorizados para ello, que se mencionan en el apartado “2.7 Destinatario de uso”.

En la **norma UNE-EN ISO 13482** se realiza un análisis en el que se exponen las condiciones de seguridad que deben cumplir los robots móviles colaborativos. En esta norma, se describen varios peligros que podría sufrir el robot, por ejemplo, “peligros relacionados con la carga de la batería”, “peligros debidos a la forma del robot” o “peligros debidos a movimientos del robot” entre otros.

En la norma **UNE-EN ISO 10218-1:2012** se establecen los requisitos de seguridad para robots industriales.

Cuando se esté trabajando sobre los motores, con la velocidad o la aceleración, la base locomotriz deberá permanecer bajo control, manteniendo las ruedas en elevación o limitando el área de desplazamiento del robot.

# 3 Pliego de condiciones técnicas

## 3.1 Manual de mantenimiento

Para todas las actividades de mantenimiento, será fundamental asegurar que el robot se encuentra desconectado.

- La guía de motor deberá engrasarse cuando el movimiento del patín ya no sea fluido o en el caso de que éste salga de la guía durante el montaje o el transporte.
- Se deberá comprobar la correcta fijación de los tornillos a los perfiles, así como la tensión de las correas tras permanecer un periodo mayor de seis meses sin ser utilizado.
- Se deberá asegurar el correcto funcionamiento de los motores, así como la integridad estructural del robot en el caso de que el robot sufra un impacto bien sea durante una partida o un entrenamiento.
- Cuando se revise la velocidad y motores, se deberá acotar la zona de movimiento del robot, con el fin de evitar posibles impactos y daños al usuario.
- Cuando el robot se esté usando, se deberá comprobar la carga de las baterías de cada cuatro horas como mínimo.

- Para simular el entorno de juego, se pegará el vinilo que facilita la organización de la competición sobre un tablero de aglomerado. Para ello, será esencial asegurar que, en el momento del pegado, no existe ninguna burbuja de aire. Si el vinilo se encuentra partido en dos o más partes, se deberá de ajustar lo máximo posible cada una de ellas.
- En el momento de finalización de cada partida, se deberá comprobar el conexionado eléctrico, así como asegurar que cada componente se encuentra en su posición.
- Cuando se detecten comportamientos fuera de lo común en el robot, así como un fallo eléctrico, se deberá pulsar el botón de emergencia cuanto antes para evitar el mayor daño posible.
- El montaje/desmontaje de las correas se realizará conforme se indica en el catálogo del fabricante de las correas “Endless Timing Belts. ContiTech – *Fitting and Tensioning*. Páginas 82 y 83”

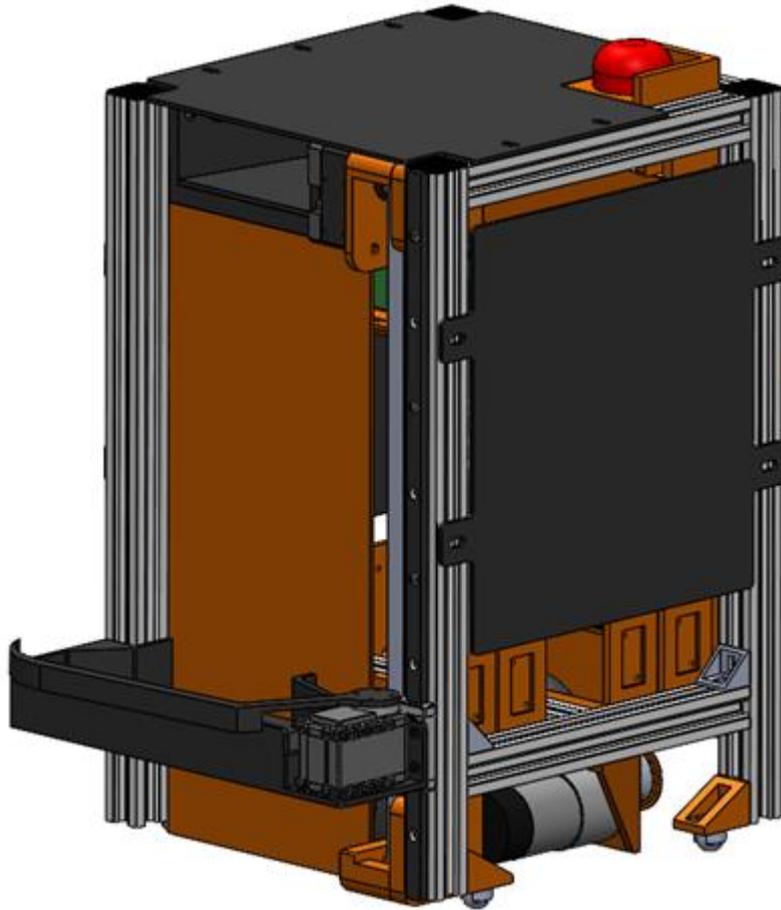
### **3.2 Puesta en marcha**

Según la normativa del Eurobot “*F.5.- Other design constraints*”, el robot deberá incorporar un dispositivo de puesta en marcha fácilmente accesible. El dispositivo debe activarse tirando de una cuerda de al menos, 500 mm de longitud. La activación de este dispositivo marcará la puesta en marcha del robot.

Para la puesta en marcha, se utilizará un final de carrera normalmente abierto (NA), de forma que, con el soporte diseñado, se encajará una pieza para que cuando se tire de ella, se lance el código del robot, procediendo a la puesta en marcha. Una vez se ha puesto en marcha, la forma de parada que se permite en caso de emergencia es pulsando el botón de emergencia.

### **3.3 Materiales y fabricación**

Los materiales empleados deberán cumplir la normativa vigente. En el caso del proyecto que se aborda, las piezas fabricadas por FDM se fabricarán en las instalaciones de la UPV, en el espacio *Design Factory* siguiendo las indicaciones del técnico de laboratorio acerca de las impresoras con las que se realizará la tarea. Las piezas fabricadas deberán cumplir necesariamente las tolerancias de diseño según se indica en la normativa UNE-EN 22768-1. Si se quiere reproducir el proyecto y no se tienen los mismos medios para realizarlo, se deberán copiar o mejorar, en la medida de lo posible, las condiciones de trabajo.



<b>Grado</b>	Ingeniería Mecánica
<b>Título</b>	Proyecto de diseño mecánico, control de posición y análisis cinemático de un prototipo de robot móvil diferencial para la resolución de retos en el concurso Eurobot.
<b>Autora</b>	Elena García Canet
<b>Tutor</b>	Jaime Masiá Vañó
<b>Fecha</b>	JUNIO 2024
<b>Volumen</b>	Documento N.º 5
<b>Presupuesto</b>	

## Presupuesto: Índice

Componentes comerciales utilizados .....	111
Ingeniería de diseño .....	111
Presupuesto y mediciones.....	111
Componentes diseñados .....	113
Coste de la mano de obra.....	114
Montaje .....	114
Coste de la materia prima .....	115
Resumen de los costes .....	116

## 1 Presupuesto y mediciones

Este documento dedicado al detalle y cálculo del coste del proyecto se divide en los apartados correspondientes al coste de las piezas diseñadas y el coste de los componentes comerciales, el coste de la mano de obra para fabricar las piezas diseñadas, así como el coste de procesar alguna pieza comercial y las materias primas adquiridas. Debido a que el robot móvil se va a fabricar y montar en las instalaciones de la universidad, el coste de montaje, así como las pruebas no aplica, pues el montaje será realizado por los propios miembros de Gromep.

En el documento anexo externo adjunto *"Documento EXT - Fichas técnicas"* se detallan las hojas técnicas de los componentes adquiridos durante el desarrollo de este proyecto.

## 2 Ingeniería de diseño

Descripción	Horas	Coste (€/h)	Precio total (€)
Diseño CAD	60	30	1800
Planos	18	30	450
Cálculos	8	30	180
Búsqueda de información	17	30	510
Documentación	25	30	750
<b>Total</b>			<b>3780</b>

Tabla 17: Resumen ingeniería de diseño

## 3 Componentes comerciales utilizados

Producto	Proveedor	Referencia fabricante	Cantidad	Precio unitario (€/Ud.)	Precio total (€)
Rodamiento de bolas de ranura profunda de fila única NSK Øint. 8mm - Øext. 22mm	RS	608ZZ1MC3E	4	7,56	30,24
Rodamiento de bolas radial NMB Øint. 3mm- Øext. 8mm	RS	DDRF830ZZRA5P24LY121	2	10,23	20,46
Perfil de Aluminio 20 x 20 mm x 3000 mm de longitud	RS	3842992888/3000	1	45,23	45,23
Tapa de Polipropileno Negro, para perfil de 20 mm, 6mm	RS	3842548743	1	12,10	12,10
Collarín de eje, dos piezas, cierre abrazadera	RS	046201008	2	7,39	14,78
Patín RS PRO, 20mm x 28,9mm, para raíl de 9mm	RS	1766665	1	65,27	65,27
Carril RS PRO 395mm x 9mm	RS	1766671	1	169,40	169,40
Seta de emergencia montaje en panel, Ø de montaje 22mm	RS	YW1B-V4E02R	1	18,48	18,48
Bloque de contactos	RS	YW-E01	1	10,82	10,82

Rueda Scooter/Skate 70×25mm	Pololu	3272	2	3,01	5,98
Bolas metal	Pololu	953	4	2,28	9,12
50:1 Metal Gearmotor 37Dx70L mm 12V, 64 CPR Encoder	Pololu	4753	1	51,95	51,95
Dynamixel XM430-W350- T/R	Mouser	ROBOTIS 902-0118-000	1	271,35	271,35
Servomotor Dynamixel	Ro-botica	AX-12A	1	65	65
Correa dentada base locomotriz	RS	SYNCHROFLEX® Timing Belt (SFX) T5/280	2	11,16	22,32
Correa dentada parte elevadora	RS	SYNCHROFLEX® Timing Belt (SFX) T5/690	1	19,76	19,76
Eje	RS	786-6015 RS PRO	1	10,24	10,24
Polea conductora base locomotriz	RS	286-5641 RS PRO	2	16,90	33,8
Final de carrera	RS	MV25-34/R2	1	5,72	5,72
ISO 4762 M4x12	RS	281-035 RS PRO	1 (1 caja contiene 50 uds.)	18,19	18,19
ISO 4762 M4x16	RS	187-1263 RS PRO	1 (1 caja contiene 50 uds.)	37,84	37,84
M4 Tuerca para perfiles tipo-T	RS	3842523135	2 (1 bolsa contiene 10 uds.)	10,75	21,5
DIN 7985 M4	RS	528-722 RS PRO	1 (1 caja contiene 100 uds.)	12,96	12,96
UNE-EN ISO 4029:2005 M4	RS	529-911 RS PRO	1 (1 caja contiene 100 uds.)	20,07	20,07
DIN 562 M4	RS	837-284 RS PRO	1 (1 caja contiene 100 uds.)	12,40	12,40
DIN 934 M4	RS	189-579 RS PRO	1 (1 caja contiene 100 uds.)	11,22	11,22
DIN 934 M2	RS	248-4551 RS PRO	1 (1 caja contiene 100 uds.)	9,23	9,23
ISO 4762 M3x40	RS	822-9060 RS PRO	1 (1 caja contiene 200 uds.)	79,07	79,07
ISO 4762 M3x6	RS	RS PRO	1 (1 caja contiene 50 uds.)	21,67	21,67
Sensor distancia	BricoGeek	GP2Y0A51SK0F	4	12,50	50
Cable conector	RS	4110-40	3	3,61	10,83

Componente conexión perfiles	RS	3842529383	14	10,87	125,72
Arduino Uno	RS	A000073	2	25,74	51,48
Controladora Motor	RobotShop	2507 Pololu	1	138,23	138,23
Plancha de metacrilato	RS	268-6955 RS PRO	1	66,57	66,57
<b>Total</b>	-	-	-	-	<b>1569</b>

Tabla 18: Componentes comerciales adquiridos

En el documento anexo al proyecto, "Fichas técnicas comerciales" se adjunta la documentación técnica de los componentes adquiridos.

## 4 Componentes diseñados

Componente	Cantidad	N.º Plano	Peso unitario (kg/Ud.)	Material	Precio material (€/kg)	Precio (€)
Polea conducida base locomotriz	2	6	6,30E-03	ABS	237,27	2,989602
Soporte del motor	1	7	2,70E-02	ABS	237,27	6,40629
Soporte del eje	1	8	0,0669	ABS	237,27	15,873363
Casquillos	2	9	0,0093	PLA	58,08	1,080288
Cubre llantas	2	10	0,0011	PLA	58,08	0,127776
Soporte de las bolas locas	4	11	0,00589	ABS	237,27	5,5900812
Soporte inferior 1	1	12	0,01596	ABS	237,27	3,7868292
Soporte inferior 2	1	13	0,2247	ABS	237,27	53,314569
Soporte superior 1	1	14	0,01953	ABS	237,27	4,6338831
Soporte superior 2	1	15	0,01879	ABS	237,27	4,4583033
Polea conductora parte elevadora	1	16	0,00241	ABS	237,27	0,5718207
Polea conducida parte elevadora	1	17	0,00182	ABS	237,27	0,4318314
Acople motor	1	18	0,0137	ABS	237,27	3,250599

Enganche 1	1	19	0,00319	ABS	237,27	0,7568913
Enganche 2	1	20	0,00182	ABS	237,27	0,4318314
Caja	1	21	0,08192	PLA	58,08	4,7579136
Garra para recoger cerezas	1	22	0,01569	PLA	58,08	0,9112752
Rampa caja 1	1	23	0,0387	PLA	58,08	2,247696
Rampa caja 2	1	24	0,015	PLA	58,08	0,8712
Cubierta rampa	1	25	0,03273	PLA	58,08	1,9009584
Rampa 2	1	26	0,1355	PLA	58,08	7,86984
Soporte para las placas	2	27	0,01598	PLA	58,08	1,8562368
Soporte para las baterías	1	28	0,1039	PLA	58,08	6,034512
Soporte para el botón de emergencia	1	29	0,0296	PLA	58,08	1,719168
Soporte para el final de carrera	1	30	0,01617	PLA	58,08	0,9391536
Soporte sensores	4	31	0,00658	PLA	58,08	1,5286656
<b>Total</b>	-	-	-	-	-	<b>134,340578</b>

## 5 Montaje

Proceso	Horas	Precio (€/h)	Precio total (€)
Montaje	8	24	192
Ajustes	2	24	48
Pruebas mecánicas	2	20	40
<b>Total</b>	-	-	<b>280</b>

Tabla 19: Coste del montaje

## 6 Coste de la mano de obra

### 6.1.1 Piezas fabricadas por FDM

Puesto	Horas dedicadas	Precio por hora (€/h)	Precio total (€)
Técnico de laboratorio FDM	8	10	80

Tabla 20: Coste de la mano de obra

### 6.1.2 Coste de procesado de la perfilería

Procesado	Horas	Precio por hora (€/h)	Precio (€)
Corte con sierra de disco	0,33	15	4,95

Tabla 21: Procesado de la perfilería

### 6.1.3 Coste de las modificaciones de la polea conductora

Procesado	Horas	Precio por hora (€/h)	Precio (€)
Taladrado	0,167	15	2,5

Tabla 22: Coste modificaciones polea

### 6.1.4 Costes adicionales sobre la mano de obra

Se estima un sobrecoste del 5% sobre la mano de obra correspondiente a gastos de uso como la maquinaria de fabricación o licencias de los programas.

Sobrecoste	5%
Coste de mano de obra	87,45
Costes adicionales	4,37

Tabla 23: Coste de los sobrecostes de mano de obra

## 7 Coste de la materia prima

### 7.1.1 Coste material FDM

Material	Referencia	N.º Bobinas	Cantidad (kg)	Precio (€/bobina)	Precio total
ABS	UD-B32-768	1	0,72	170,54	170,54
PLA	SICNOVA - 1608	1	0,75	43,56	43,56
<b>Total</b>	-	-	-	-	<b>214,1</b>

Tabla 24: Descripción del coste del material FDM

---

## 8 Resumen de los costes

### 8.1 Presupuesto de componentes comerciales y de diseño propio

Componentes comerciales utilizados.....	1569€
Componentes diseñados.....	134,34€
<b>TOTAL.....</b>	<b>1703,34€</b>

### 8.2 Presupuesto de la mano de obra

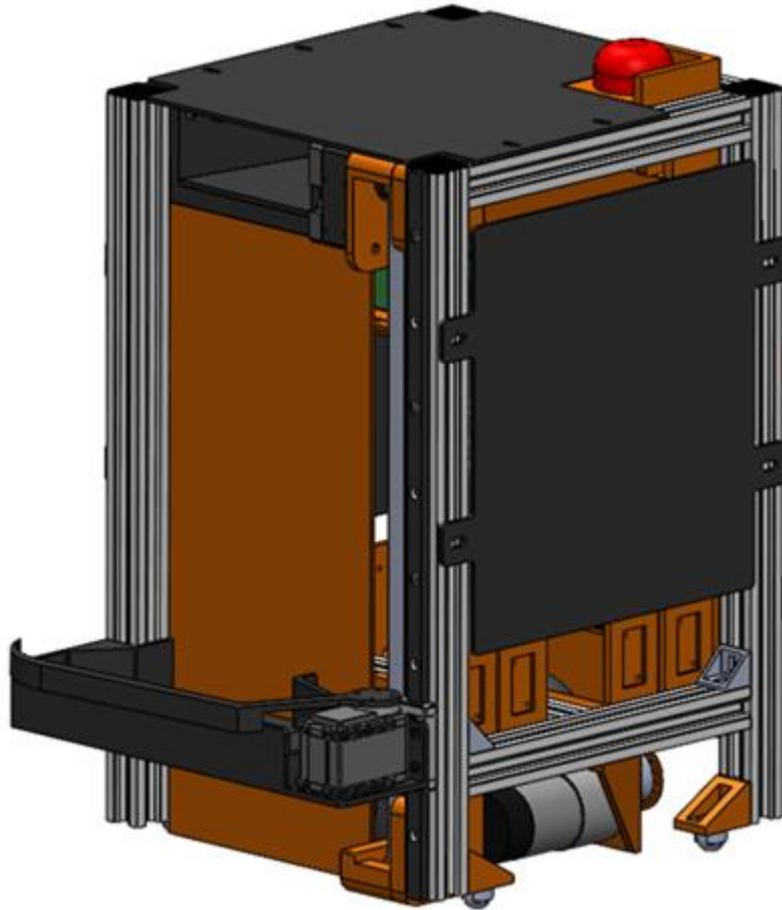
Piezas fabricadas por FDM.....	80€
Coste del procesado de la perfilería.....	4,95€
Coste de las modificaciones de la pulea conductora.....	2,5€
Costes adicionales (5%) .....	4,37€
<b>TOTAL.....</b>	<b>15,45€</b>

### 8.3 Otros presupuestos

Ingeniería de diseño.....	3780€
Montaje.....	280€
<b>TOTAL.....</b>	<b>4060€</b>

TOTAL, SIN IVA.....5778,79€

TOTAL, CON IVA (21%) .....6992,33€



<b>Grado</b>	Ingeniería Mecánica
<b>Título</b>	Proyecto de diseño mecánico, control de posición y análisis cinemático de un prototipo de robot móvil diferencial para la resolución de retos en el concurso Eurobot.
<b>Autora</b>	Elena García Canet
<b>Tutor</b>	Jaime Masiá Vañó
<b>Fecha</b>	JUNIO 2024
<b>Volumen</b>	Documento N.º 6
<b>Planos</b>	

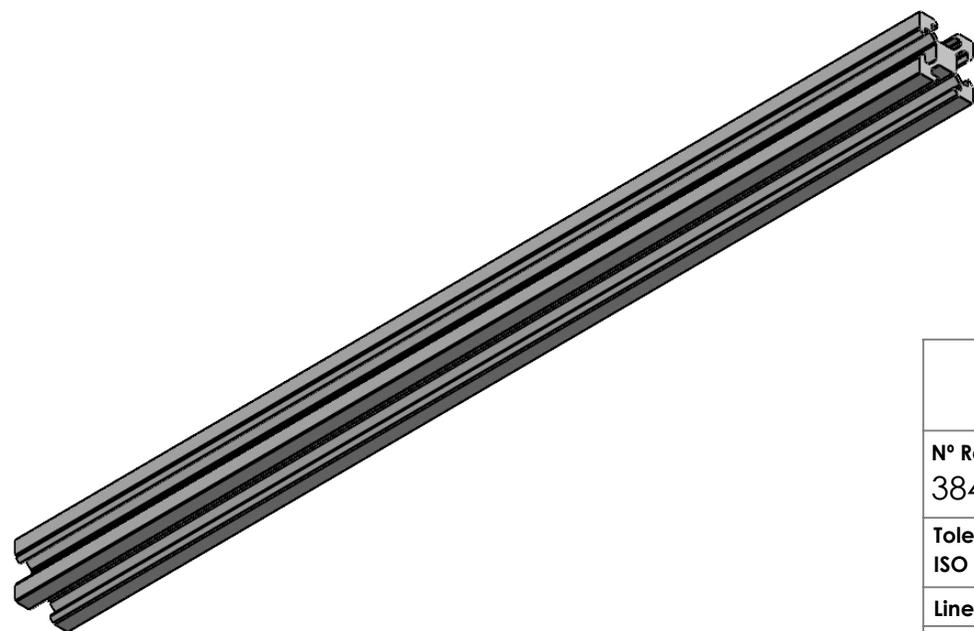
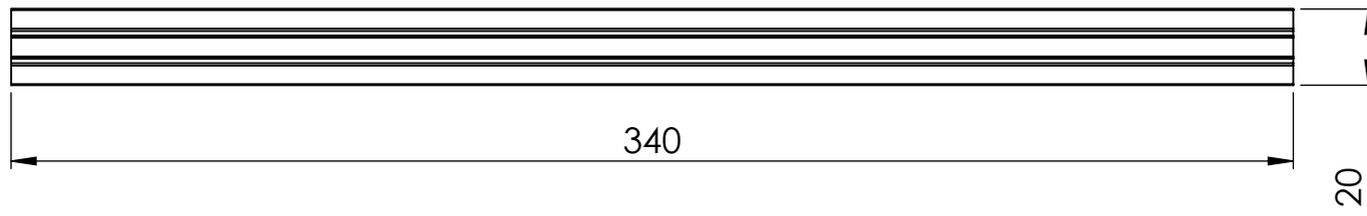
---

## Planos: Índice

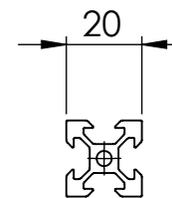
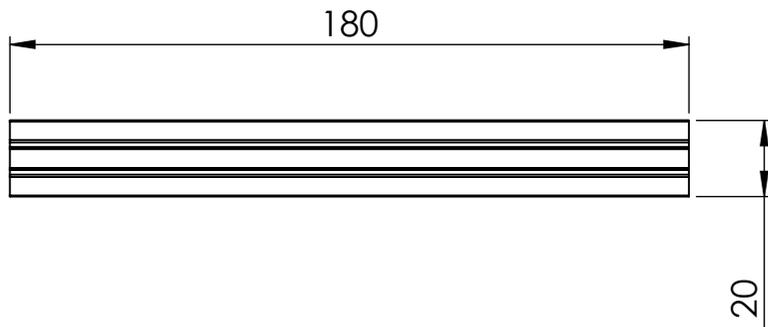
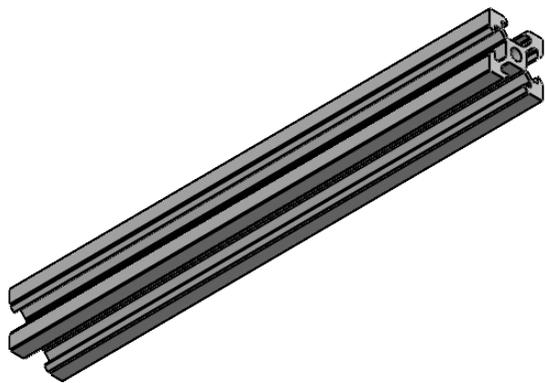
Plano 1: Perfil 340.....	118
Plano 2: Perfil 180.....	119
Plano 3: Perfil 170.....	120
Plano 4: Eje.....	121
Plano 5: Polea conductora BL (Base Locomotriz) .....	122
Plano 6: Polea conducida BL (Base Locomotriz) .....	123
Plano 7: Soporte del motor.....	124
Plano 8: Soporte del eje.....	125
Plano 9: Casquillo.....	126
Plano 10: Cubre llantas.....	127
Plano 11: Soporte de las bolas locas.....	128
Plano 12: Soporte inferior 1.....	129
Plano 13: Soporte inferior 2.....	130
Plano 14: Soporte superior 1.....	131
Plano 15: Soporte superior 2.....	132
Plano 16: Polea conductora PE (Parte Elevadora) .....	133
Plano 17: Polea conducida PE (Parte Elevadora) .....	134
Plano 18: Acople motor.....	135
Plano 19: Enganche 1.....	136
Plano 20: Enganche 2.....	137
Plano 21: Caja.....	138
Plano 22: Garra.....	139
Plano 23: Rampa caja 1.....	140
Plano 24: Rampa caja 2.....	141
Plano 25: Cubierta rampa.....	142
Plano 26: Rampa.....	143
Plano 27: Soporte placas.....	144
Plano 28: Soporte baterías.....	145
Plano 29: Soporte botón de emergencia.....	146

---

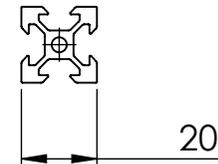
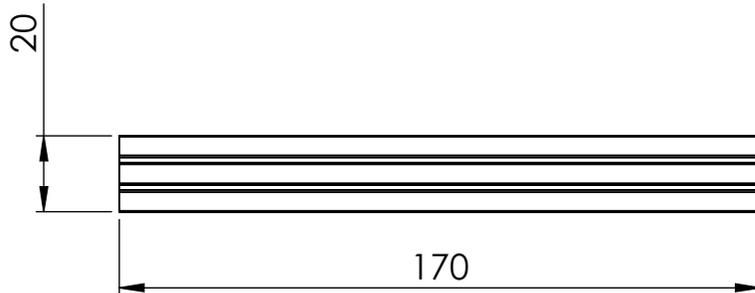
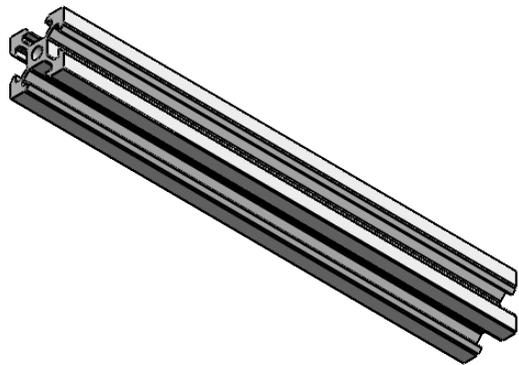
Plano 30: Soporte final de carrera.....	147
Plano 31: Soporte sensores.....	148
Plano 32: Cubierta 1.....	149
Plano 33: Cubierta 2.....	150
Plano 34: Separador.....	151
Plano 35: Cubierta superior.....	152
Plano 36: Plano general.....	153
Plano C2: Conjunto eje.....	154
Plano C1: Conjunto motor.....	155
Plano C3: Conjunto bola de apoyo.....	156
Plano C4: Conjunto inferior.....	157
Plano C5: Conjunto superior.....	158
Plano C6: Conjunto caja.....	159



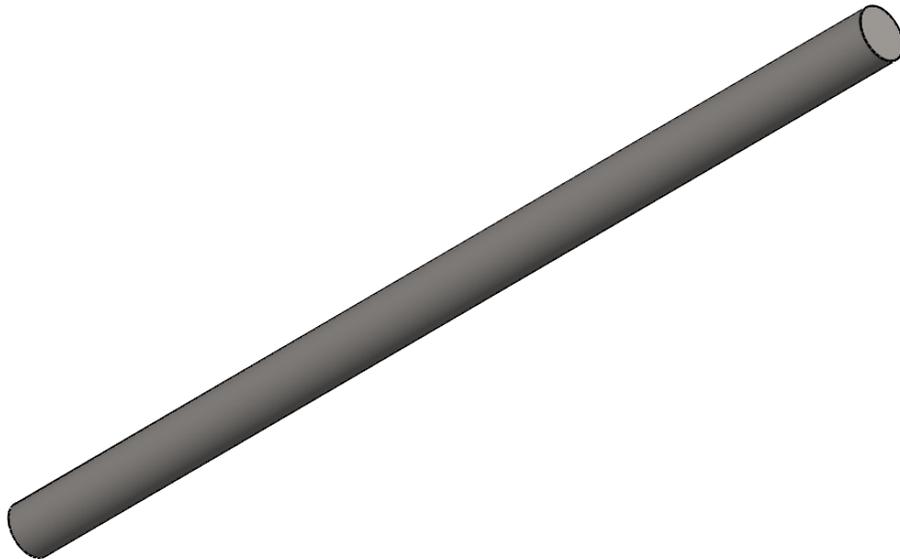
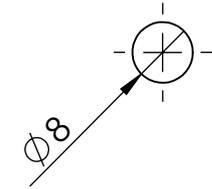
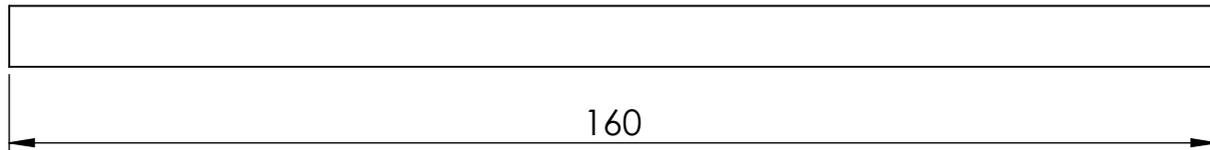
	<b>Material</b> Aluminio EN AW-6060	Todas las cotas se expresan en mm		 Vista europea	A4
		Fecha 29/04/2024			ESCALA:1:2
Nº Referencia fabricante 3842992888/3000	Nombre del plano Perfiles verticales	Nº Piezas 4	Nº Plano 1/36	Nombre de la autora Elena García Canet	
Tolerancias generales ISO 2768-m (mm):	<b>Proyecto</b> Proyecto de diseño mecánico, control de posición y análisis cinemático de un prototipo de robot móvil diferencial para la resolución de retos en el concurso Eurobot.			 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI	
Lineales ± 1					
Angulares ± 2					
Entre pasadores ± 0,5					



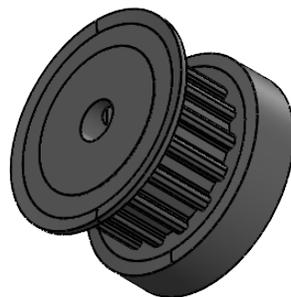
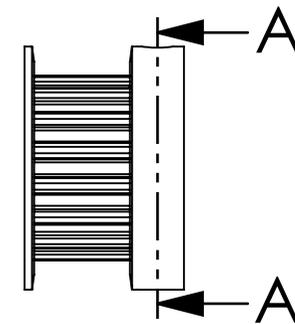
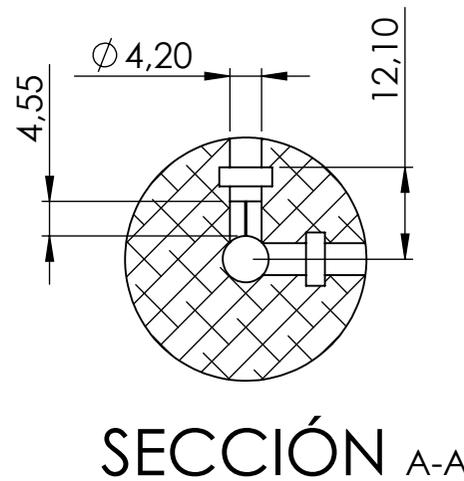
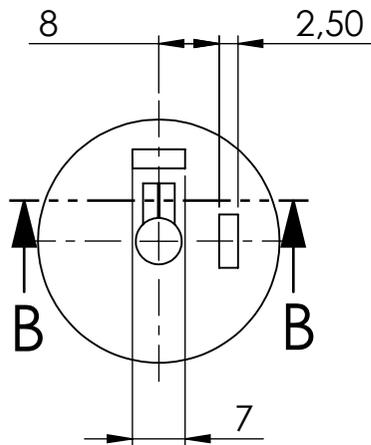
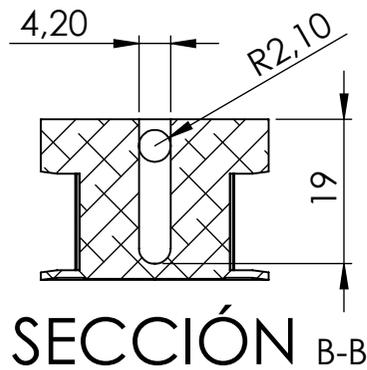
	<b>Material</b> Aluminio EN-AW-6060	Todas las cotas se expresan en mm			A4
<b>Nº referencia proveedor</b> 3842992888/3000		<b>FECHA</b> 29/04/2024			ESCALA:1:2
<b>Tolerancias generales (mm):</b>	Nombre del plano Perfil 180	Nº Piezas 4	Nº Plano 2/36	Nombre de la autora Elena García Canet	
<b>Lineales</b> ± 1	<b>Proyecto</b> Proyecto de diseño mecánico, control de posición y análisis cinemático de un prototipo de robot móvil diferencial para la resolución de retos en el concurso Eurobot.			 <b>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA</b> CAMPUS D'ALCOI	
<b>Angulares</b> ± 2					
<b>Entre pasadores</b> ± 0,5					



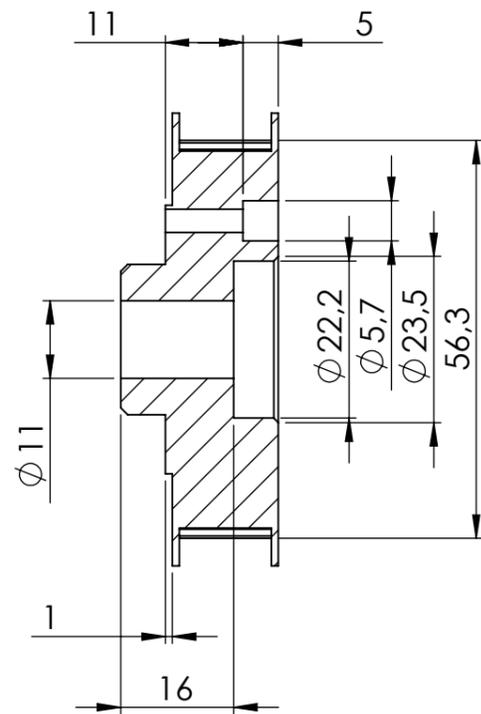
	<b>Material</b> Aluminio AW-6060	Todas las cotas se expresan en mm		 	A4
		FECHA 29/04/2024			ESCALA:1:2
<b>Nº referencia fabricante</b> 3842992888/3000	Nombre del plano Perfil 170		Nº Pieza 3	Nº Plano 3/36	Nombre de la autora Elena García Canet
<b>Tolerancias generales (mm):</b>	<b>Proyecto</b> Proyecto de diseño mecánico, control de posición y análisis cinemático de un prototipo de robot móvil diferencial para la resolución de retos en el concurso Eurobot.				 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI
<b>Lineales</b>	± 1				
<b>Angulares</b>	± 2				
<b>Entre pasadores</b>	± 0,5				



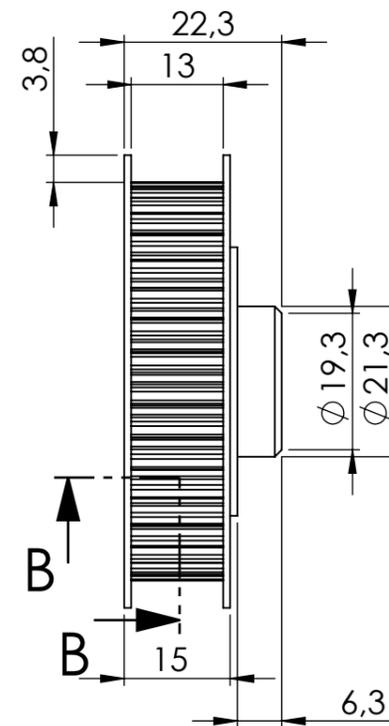
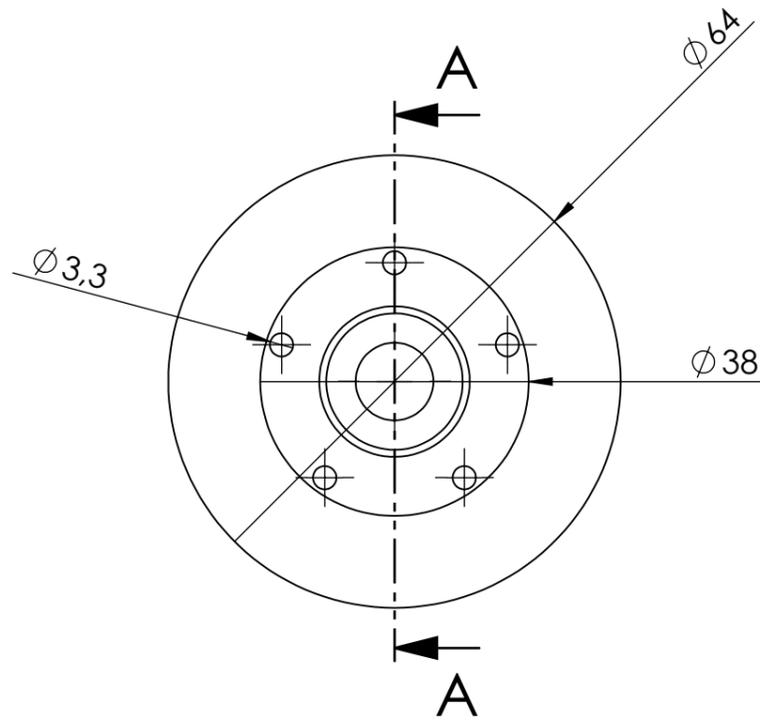
	<b>Material</b> Acero inoxidable tipo UNE-EN 10088-1:2015	Todas las cotas se expresan en mm				A4
<b>Peso (kg):</b> 0,064		FECHA 29/04/2024		ESCALA:1:1		
<b>Tolerancias generales (mm):</b>	Nombre del plano Eje	Nº Piezas 1	Nº Plano 4/36	Nombre de la autora Elena García Canet		
<b>Lineales</b> ± 1	<b>Proyecto</b> Proyecto de diseño mecánico, control de posición y análisis cinemático de un prototipo de robot móvil diferencial para la resolución de retos en el concurso Eurobot.			 <b>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA</b> CAMPUS D'ALCOI		
<b>Angulares</b> ± 2						
<b>Entre pasadores</b> ± 0,5						



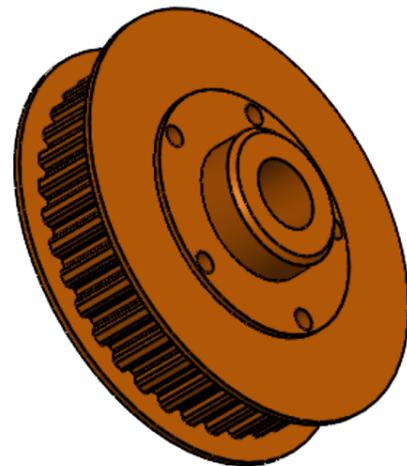
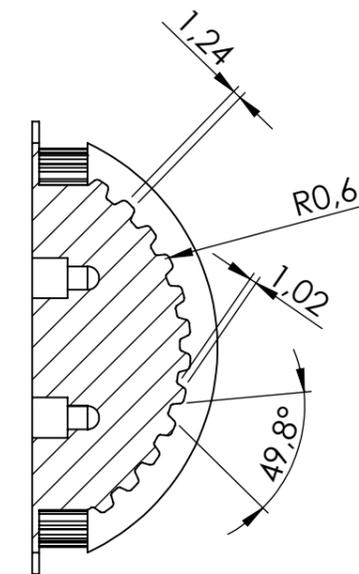
Todos los agujeros son pasantes	<b>Material</b> Aluminio 6061	Todas las cotas se expresan en mm		 A4 ESCALA:1:2
	<b>Nº referencia fabricante</b> 286-5708 (RS PRO)	FECHA 29/04/2024		
<b>Tolerancias generales (mm):</b>	Nombre del plano Polea conductora BL	Nº Piezas 2	Nº Plano 5/36	Nombre de la autora Elena García Canet
<b>Lineales</b> ± 1	<b>Proyecto</b> Proyecto de diseño mecánico, control de posición y análisis cinemático de un prototipo de robot móvil diferencial para la resolución de retos en el concurso Eurobot.			 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI
<b>Angulares</b> ± 2				
<b>Entre pasadores</b> ± 0,5				



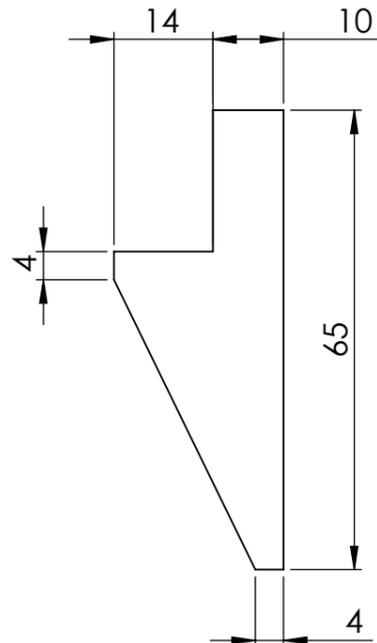
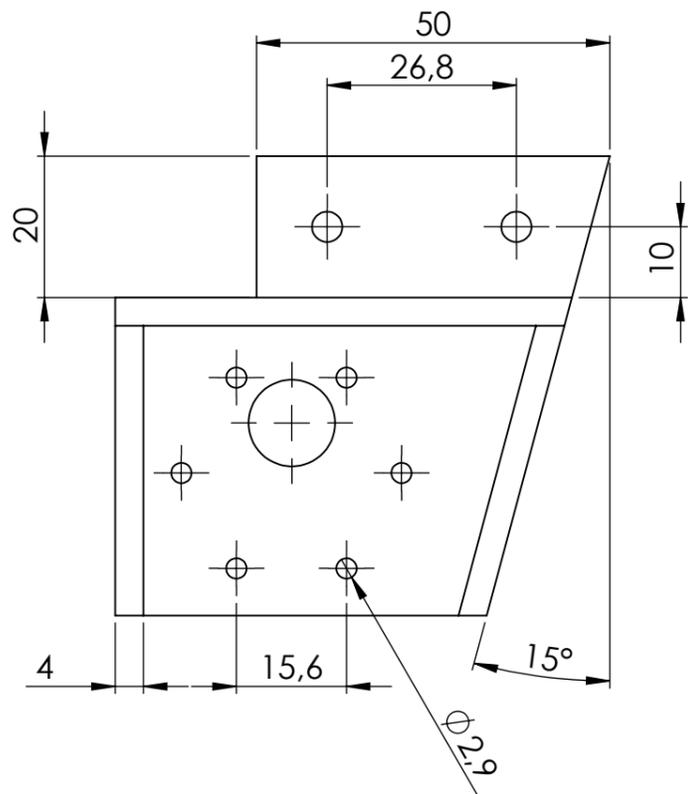
SECCIÓN A-A



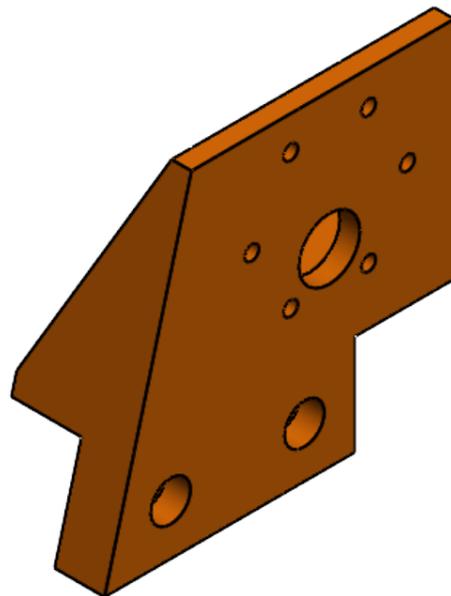
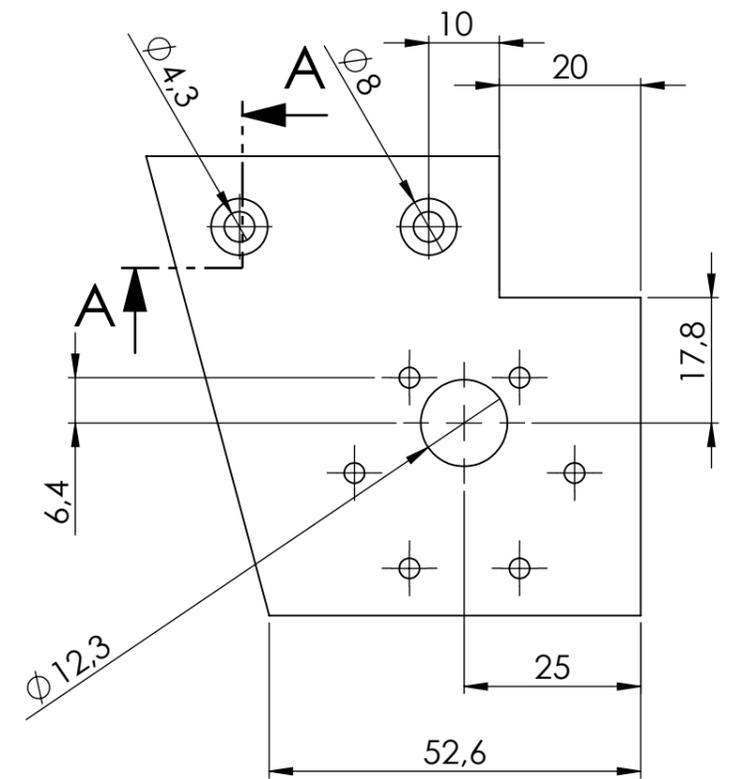
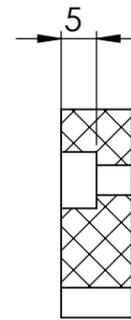
SECCIÓN B-B



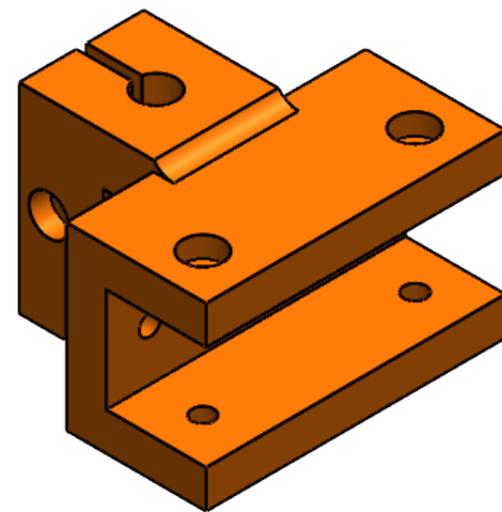
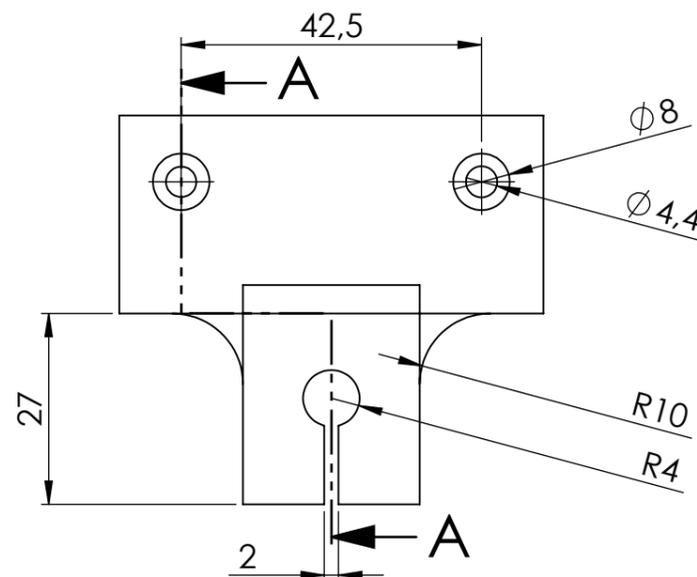
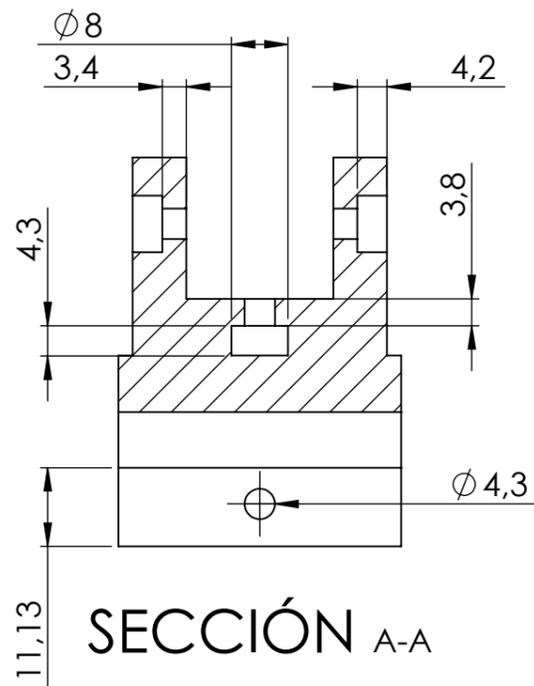
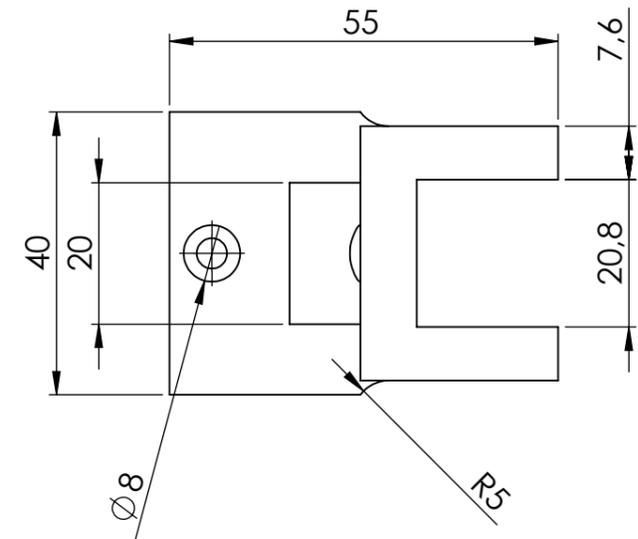
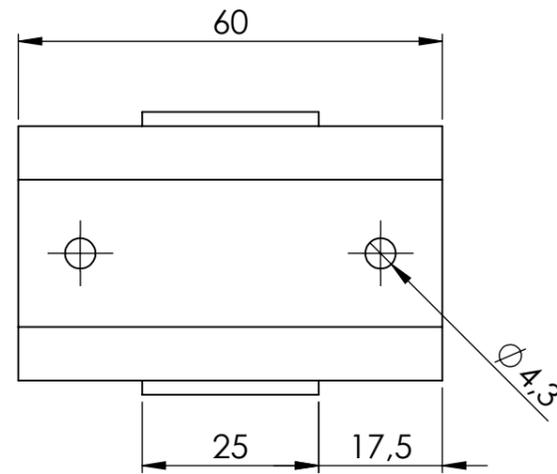
Todos los agujeros son pasantes	<b>Material</b> Acronitrilo butadieno estireno (ABS)	Todas las cotas se expresan en mm	A3	
<b>Peso (kg)</b> 0,0093	FECHA 29/04/2024	ESCALA:1:1		
<b>Tolerancias generales (mm):</b>	Nombre del plano Polea_conducida_BL	Nº Piezas 2	Nº Plano 6/36	Nombre de la autora Elena García Canet
<b>Lineales</b> ± 1	<b>Proyecto</b> Proyecto de diseño mecánico, control de posición y análisis cinemático de un prototipo de robot móvil diferencial para la resolución de retos en el concurso Eurobot.			 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI
<b>Angulares</b> ± 2				
<b>Entre pasadores</b> ± 0,5				



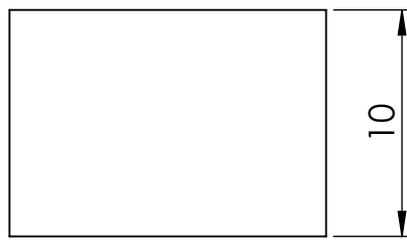
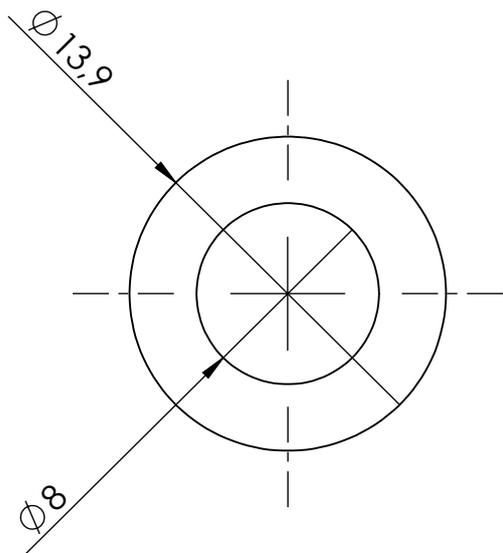
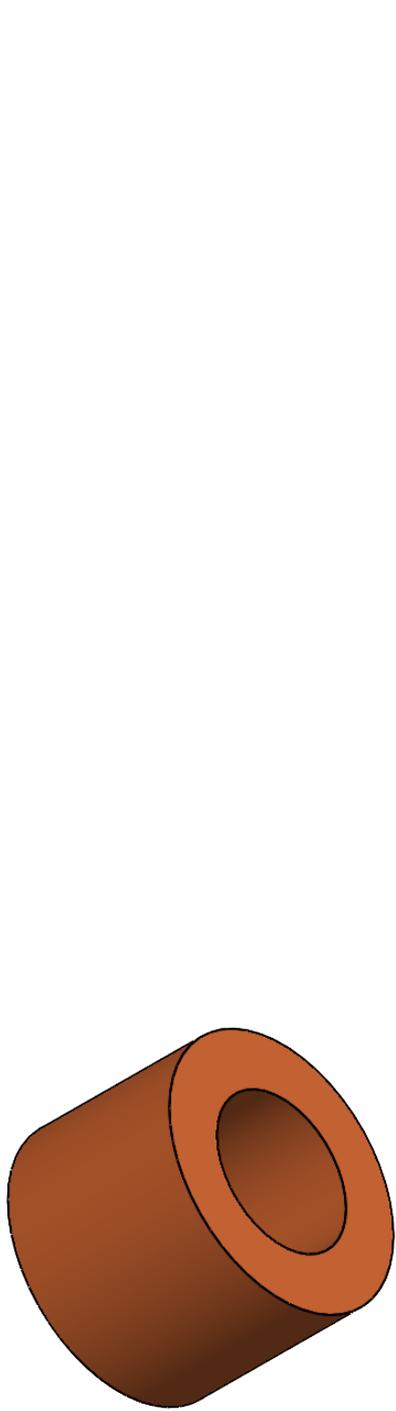
SECCIÓN A-A



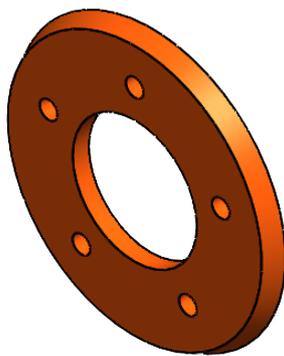
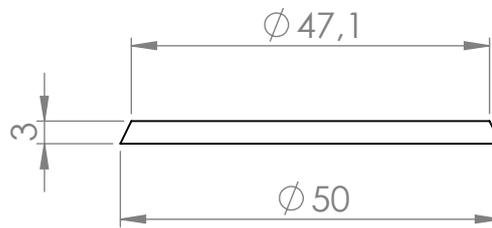
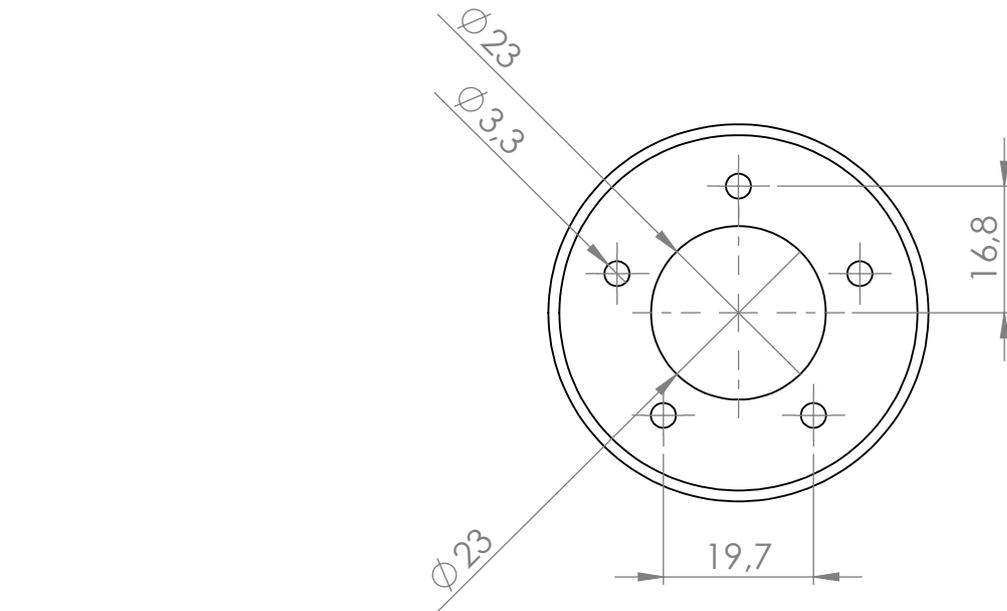
Todos los agujeros son pasantes	<b>Material</b> Acilonitrilo butadieno estireno (ABS)	Todas las cotas se expresan en mm	A3 ESCALA:1:1	
<b>Peso (kg)</b> 0,027	Nombre del plano Soporte motor	FECHA 29/04/2024	Nº Piezas 2	Nº Plano 7/36
<b>Tolerancias generales (mm):</b>	<b>Proyecto</b> Proyecto de diseño mecánico, control de posición y análisis cinemático de un prototipo de robot móvil diferencial para la resolución de retos en el concurso Eurobot.		Nombre de la autora Elena García Canet	
<b>Lineales</b> ± 1	 <b>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA</b> CAMPUS D'ALCOI			
<b>Angulares</b> ± 2				
<b>Entre pasadores</b> ± 0,5				



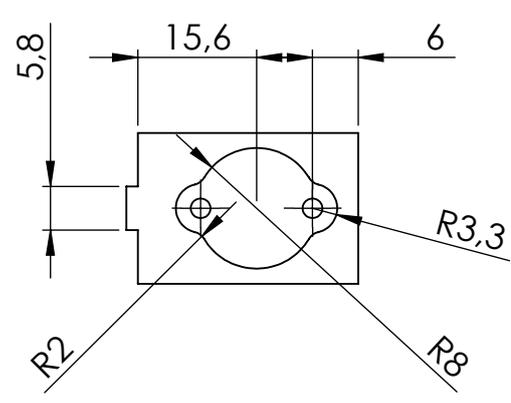
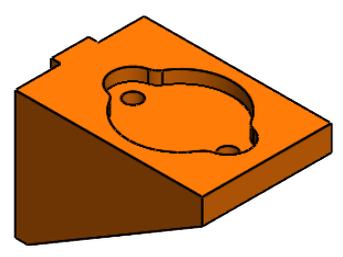
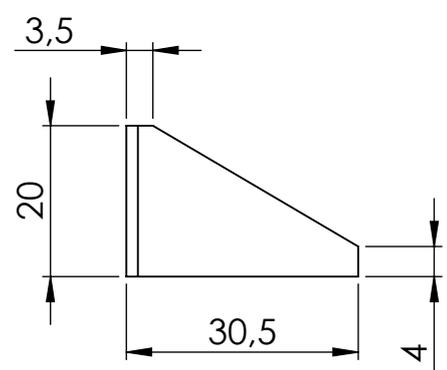
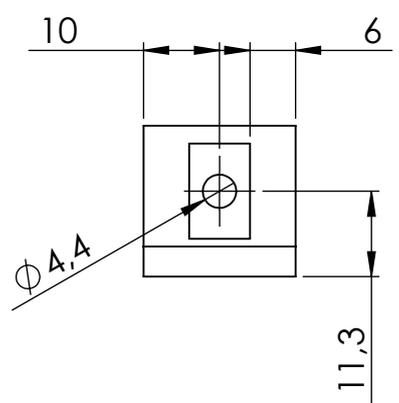
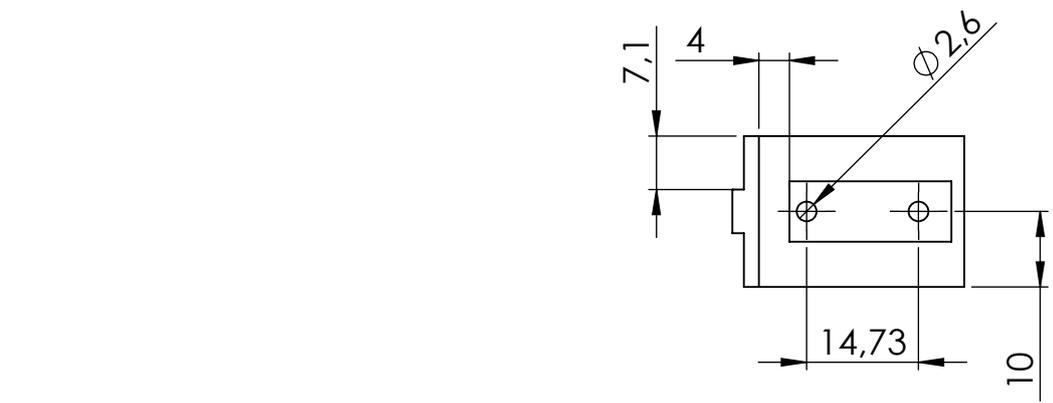
Todos los agujeros son pasantes	<b>Material</b> Ácido poliláctico (PLA)	Todas las cotas se expresan en mm FECHA 29/04/2024		A3 ESCALA:1:1
<b>Peso (kg)</b> 0,0669	Nombre del plano Soporte sujeción eje	Nº Piezas 1	Nº Planos 8/36	Nombre de la autora Elena García Canet
<b>Tolerancias generales (mm):</b>	<b>Proyecto</b> Proyecto de diseño mecánico, control de posición y análisis cinemático de un prototipo de robot móvil diferencial para la resolución de retos en el concurso Eurobot.			
<b>Lineales</b>	± 1			
<b>Angulares</b>	± 2			
<b>Entre pasadores</b>	± 0,5			
				UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI



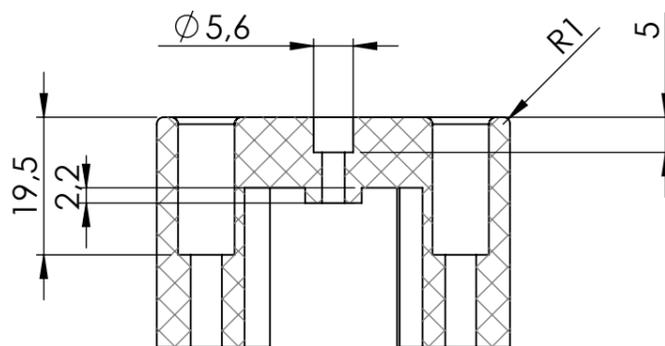
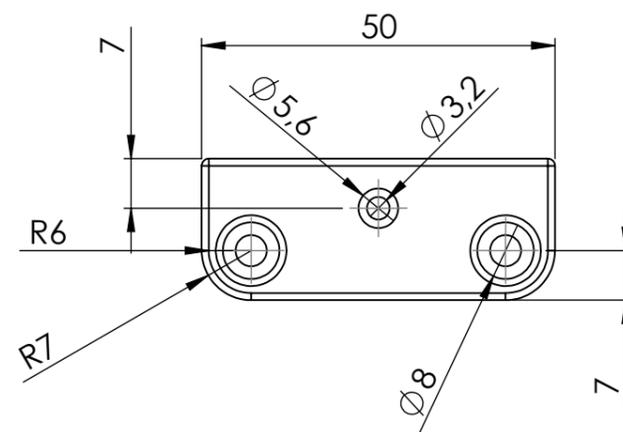
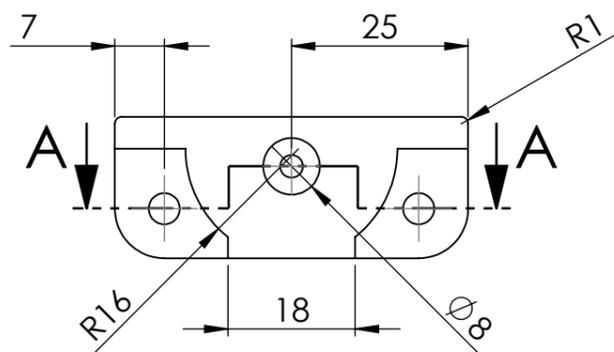
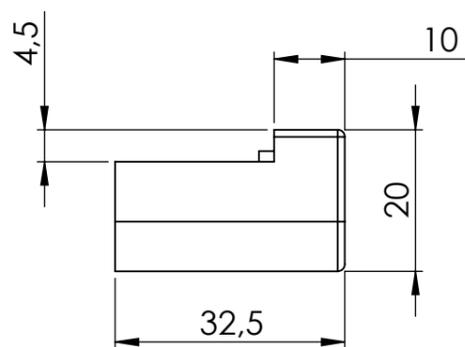
<p>Todos los agujeros son pasantes</p> <p><b>Peso (kg)</b> 0,0093</p> <p><b>Tolerancias generales (mm):</b></p> <p><b>Lineales</b> ± 1</p> <p><b>Angulares</b> ± 2</p> <p><b>Entre pasadores</b> ± 0,5</p>	<p><b>Material</b> Ácido poliláctico (PLA)</p>	<p>Todas las cotas se expresan en mm</p>			<p>A4</p>
	<p>Nombre del plano Casquillo</p>	<p>Nº Piezas 2</p>	<p>Nº Plano 9/36</p>	<p>Nombre de la autora Elena García Canet</p>	
	<p><b>Proyecto</b> Proyecto de diseño mecánico, control de posición y análisis cinemático de un prototipo de robot móvil diferencial para la resolución de retos en el concurso Eurobot.</p>			<p>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI</p>	
	<p>FECHA 29/04/2024</p>				
	<p>ESCALA:3:1</p>				



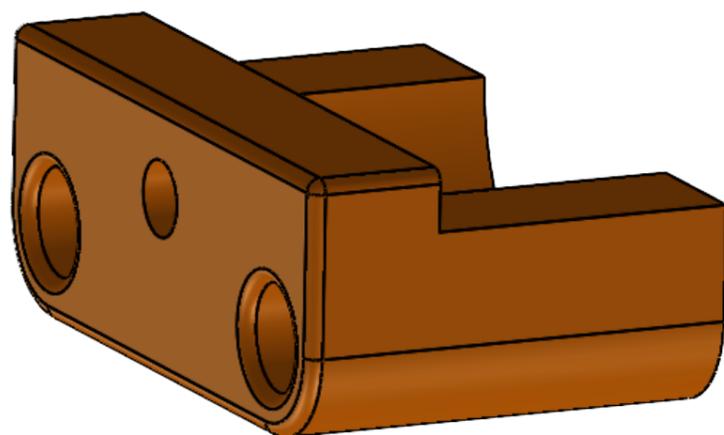
Todos los agujeros son pasantes	<b>Material</b> Ácido poliláctico (PLA)	Todas las cotas se expresan en mm			A4
		FECHA 29/04/2024			ESCALA:1:1
<b>Peso (kg)</b> 0,0011	Nombre del plano Cubrellantas	Nº Piezas 2	Nº Plano 10/36	Nombre de la autora Elena García Canet	
<b>Tolerancias generales (mm):</b>	<b>Proyecto</b> Proyecto de diseño mecánico, control de posición y análisis cinemático de un prototipo de robot móvil diferencial para la resolución de retos en el concurso Eurobot.			 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI	
<b>Lineales</b> ± 1					
<b>Angulares</b> ± 2					
<b>Entre pasadores</b> ± 0,5					



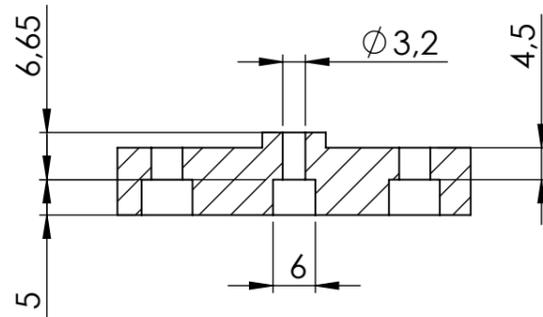
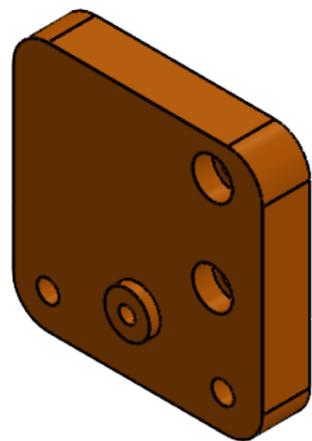
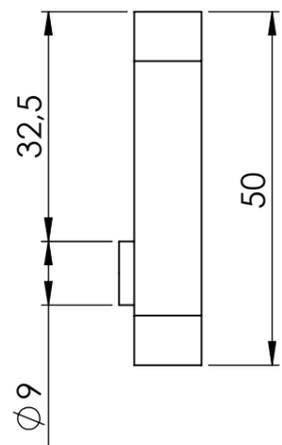
<p>Todos los agujeros son pasantes</p> <p><b>Peso (kg)</b> 0,00589</p> <p><b>Tolerancias generales (mm):</b></p> <p><b>Lineales</b> ± 1</p> <p><b>Angulares</b> ± 2</p> <p><b>Entre pasadores</b> ± 0,5</p>	<p><b>Material</b> Acrilonitrilo butadieno estireno (ABS)</p>	<p>Todas las cotas se expresan en mm</p> <p><b>FECHA</b> 29/04/2024</p>		<p>A4</p> <p>ESCALA:1:1</p>	
	<p>Nombre del plano <b>Soporte bola</b></p>	<p>Nº Piezas <b>4</b></p>	<p>Nº Plano <b>11/36</b></p>	<p>Nombre de la autora <b>Elena García Canet</b></p>	
	<p><b>Proyecto</b> Proyecto de diseño mecánico, control de posición y análisis cinemático de un prototipo de robot móvil diferencial para la resolución de retos en el concurso Eurobot.</p>			<p>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI</p>	



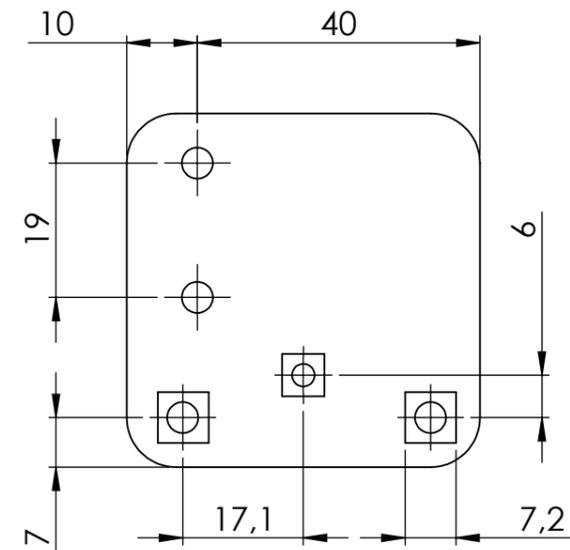
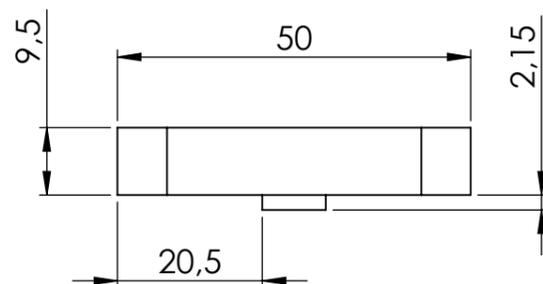
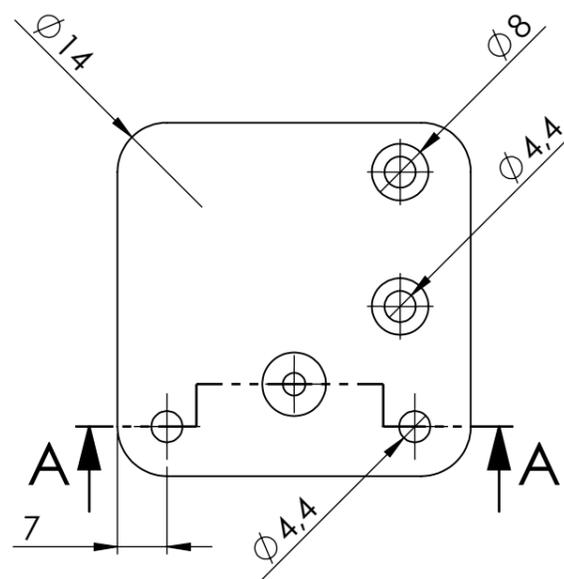
SECCIÓN A-A  
ESCALA 1 : 1



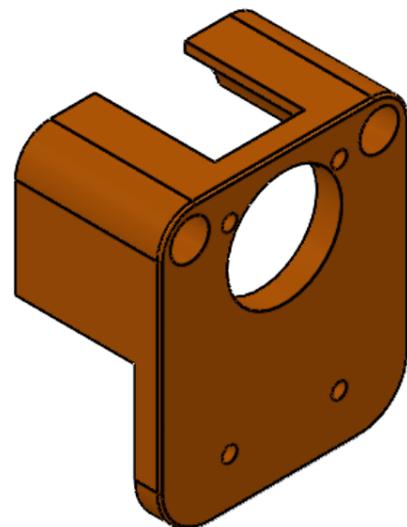
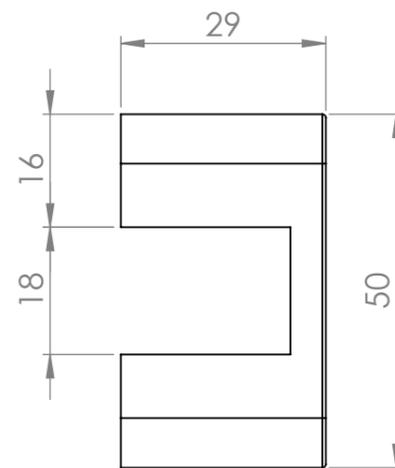
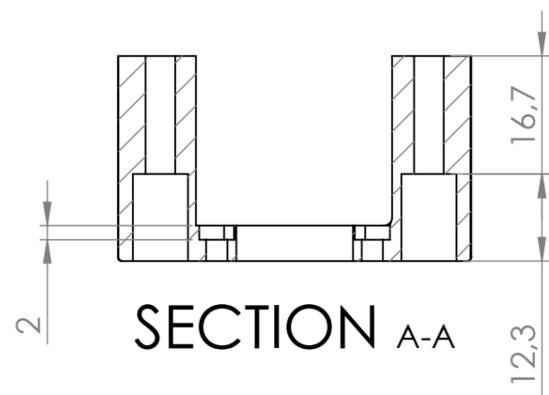
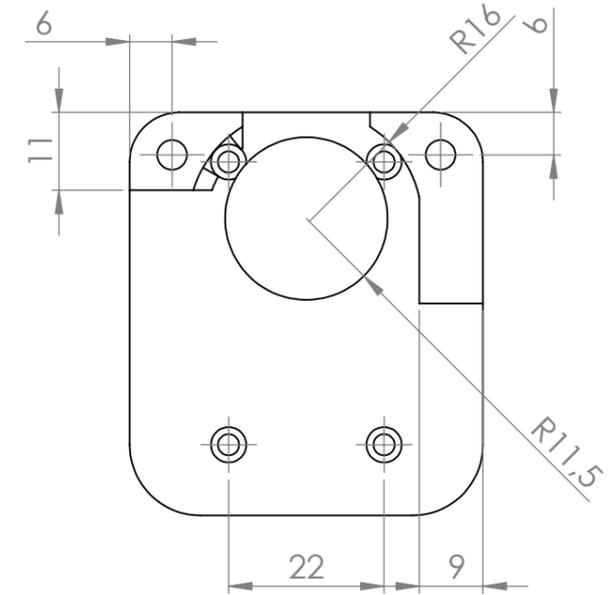
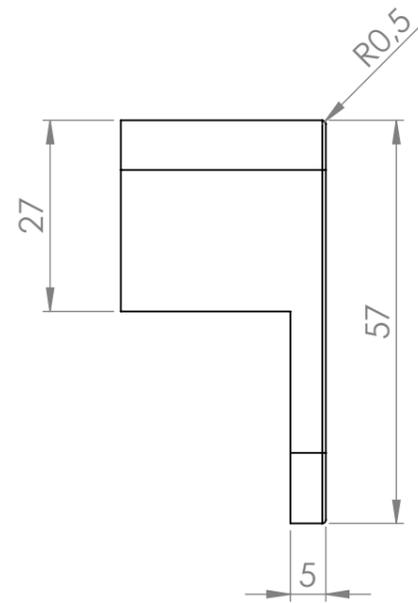
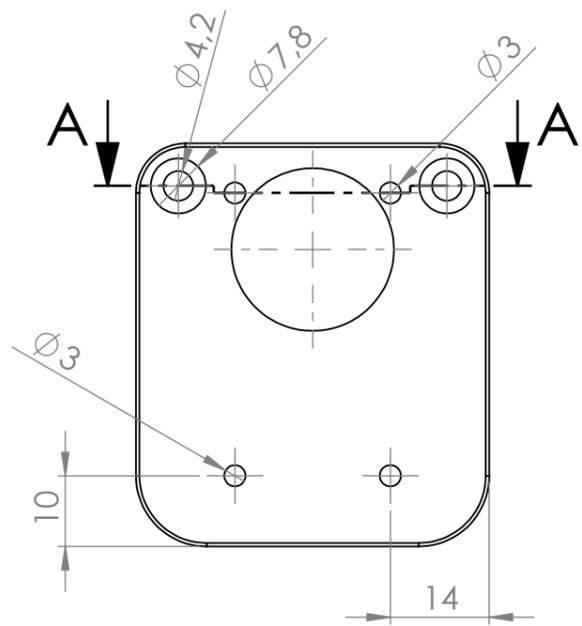
Todos los agujeros son pasantes	<b>Material</b> Acrilonitrilo butadieno estireno (ABS)	Todas las cotas se expresan en mm FECHA 29/04/2024		A3 ESCALA:1:1
<b>Peso (kg)</b> 0,01596	Nombre del plano Soporte inferior 1	Nº Piezas 1	Nº Plano 12/36	Nombre de la autora Elena García Canet
<b>Tolerancias generales (mm):</b>	<b>Proyecto</b> Proyecto de diseño mecánico, control de posición y análisis cinemático de un prototipo de robot móvil diferencial para la resolución de retos en el concurso Eurobot.			
<b>Lineales</b> ± 1	 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI			
<b>Angulares</b> ± 2				
<b>Entre pasadores</b> ± 0,5				



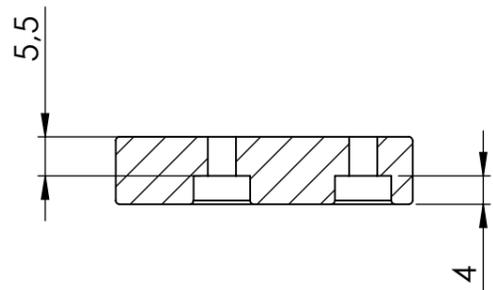
SECCIÓN A-A  
ESCALA 1:1



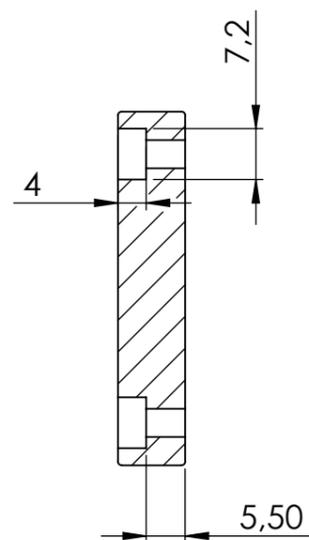
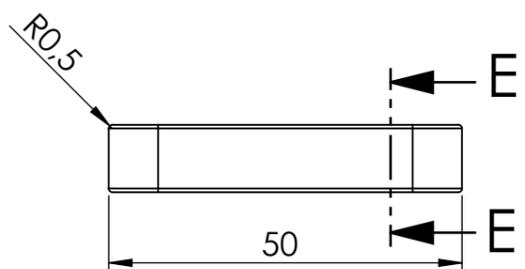
Todos los agujeros son pasantes	<b>Material</b> Acrilonitrilo butadieno estireno (ABS)	<b>FECHA</b> 29/04/2024			A3 ESCALA:1:1
<b>Peso (kg)</b> 0,02247	Nombre del plano 2904_Soporte_inferior_2	Nº Piezas 1	Nº Plano 13/35	Nombre de la autora Elena García Canet	
<b>Tolerancias generales (mm):</b>	<b>Proyecto</b> Proyecto de diseño mecánico, control de posición y análisis cinemático de un prototipo de robot móvil diferencial para la resolución de retos en el concurso Eurobot.				
<b>Lineales</b>	± 1				
<b>Angulares</b>	± 2				
<b>Entre pasadores</b>	± 0,5				
					UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI



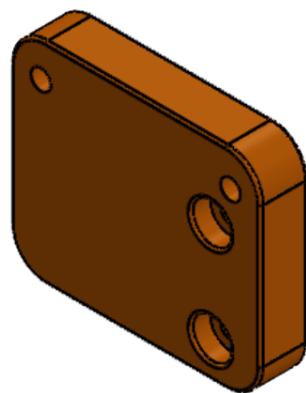
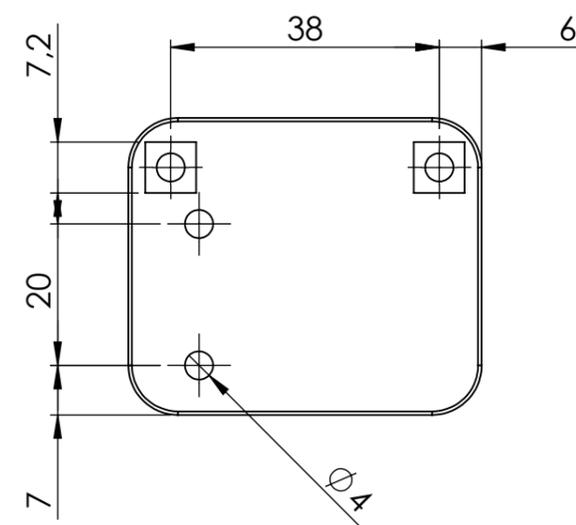
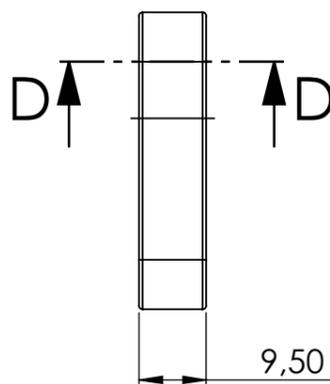
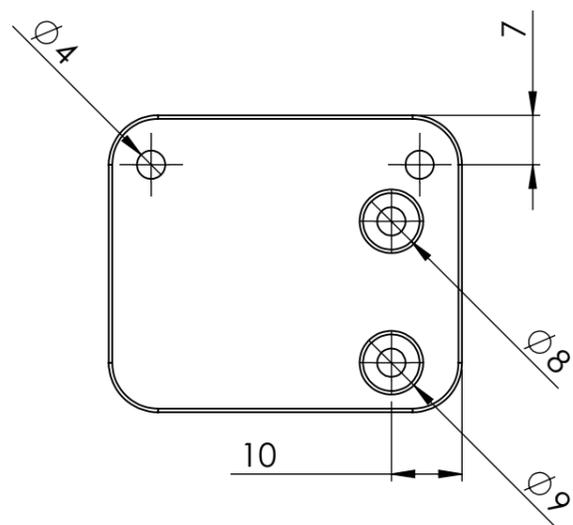
Todos los agujeros son pasantes	<b>Material</b> Acilonitrilo butadieno estireno (ABS)	Todas las cotas se expresan en mm <b>FECHA</b> 29/04/2024		A3 ESCALA:1:1
<b>Peso (kg)</b> 0,01953	Nombre del plano Soporte superior 1	Nº Piezas 1	Nº Plano 14/36	Nombre de la autora Elena García Canet
<b>Tolerancias generales (mm):</b>	<b>Proyecto</b> Proyecto de diseño mecánico, control de posición y análisis cinemático de un prototipo de robot móvil diferencial para la resolución de retos en el concurso Eurobot.			
<b>Lineales</b> ± 1	 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI			
<b>Angulares</b> ± 2				
<b>Entre pasadores</b> ± 0,5				



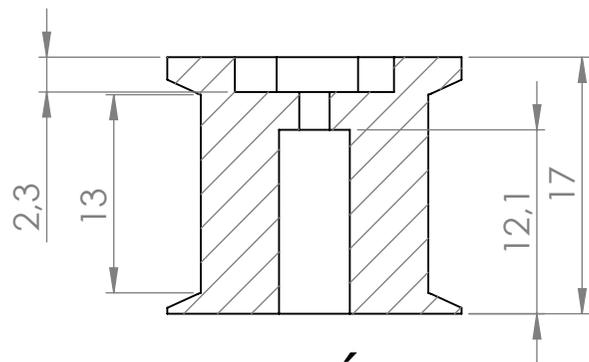
SECCIÓN E-E  
ESCALA 1 : 1



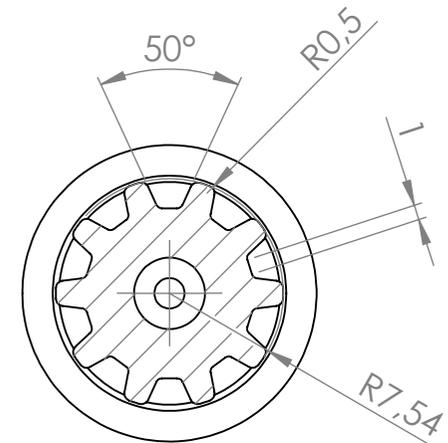
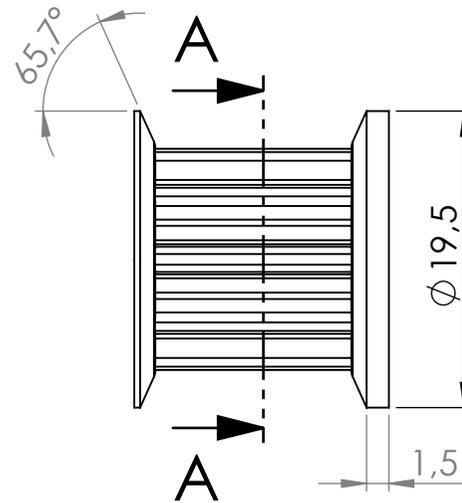
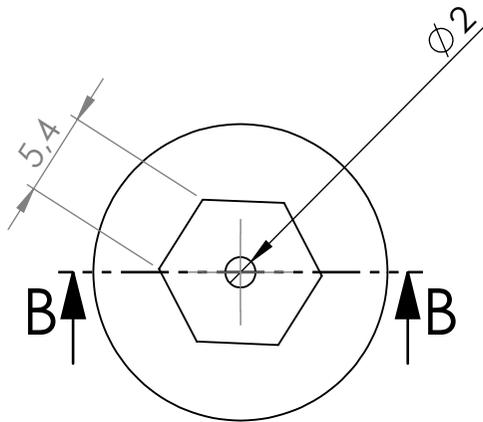
SECCIÓN D-D  
ESCALA 1 : 1



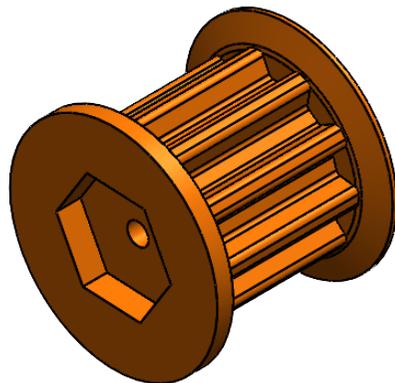
Todos los agujeros son pasantes	<b>Material</b> Acrilonitrilo butadieno estireno (ABS)	Todas las cotas se expresan en mm FECHA 29/04/2024		A3 ESCALA:1:1
<b>Peso (kg)</b> 0,01879	Nombre del plano Soporte superior 2	Nº Piezas Nº Plano 1 15/36	Nombre de la autora Elena García Canet	
<b>Tolerancias generales (mm):</b>	<b>Proyecto</b> Proyecto de diseño mecánico, control de posición y análisis cinemático de un prototipo de robot móvil diferencial para la resolución de retos en el concurso Eurobot.			
<b>Lineales</b> ± 1	 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI			
<b>Angulares</b> ± 2				
<b>Entre pasadores</b> ± 0,5				



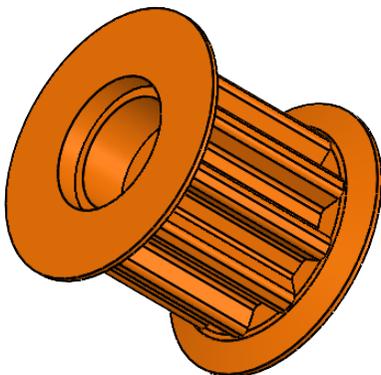
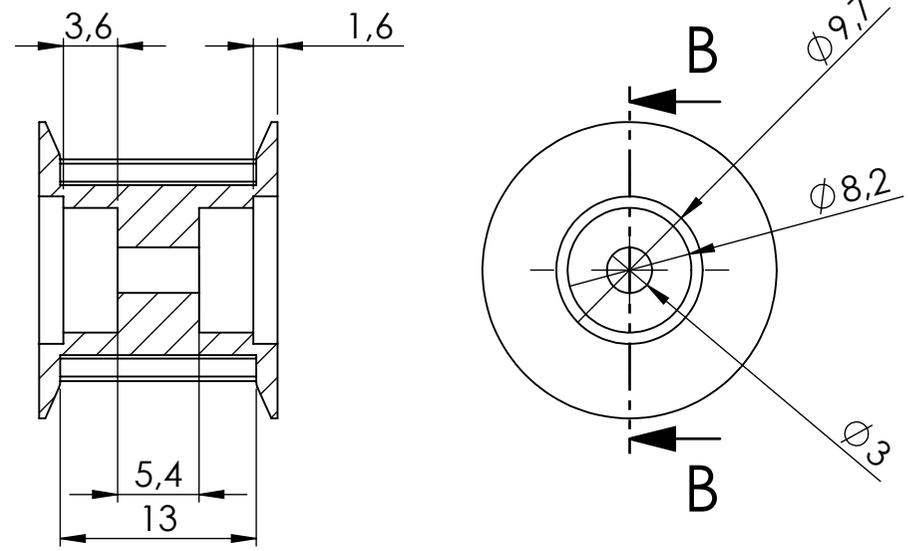
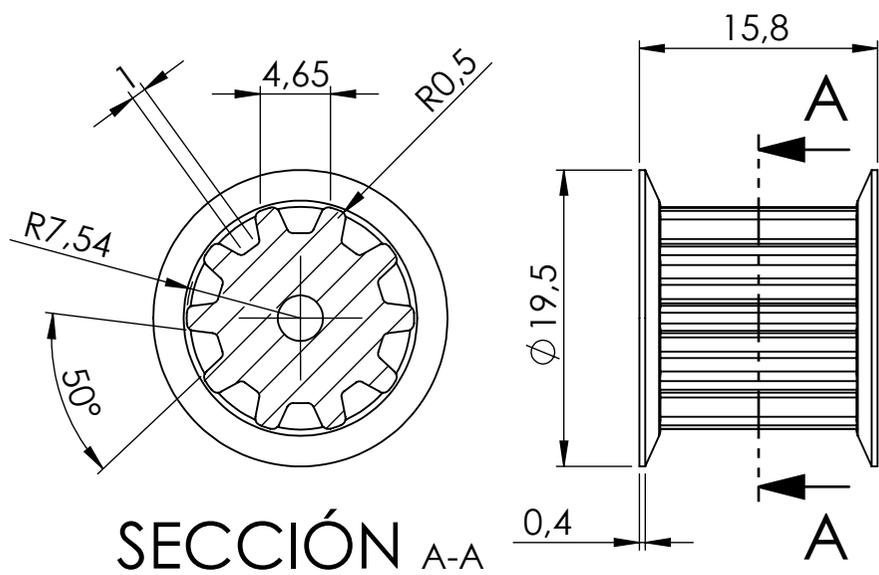
SECCIÓN B-B  
ESCALA

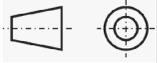


SECCIÓN A-A

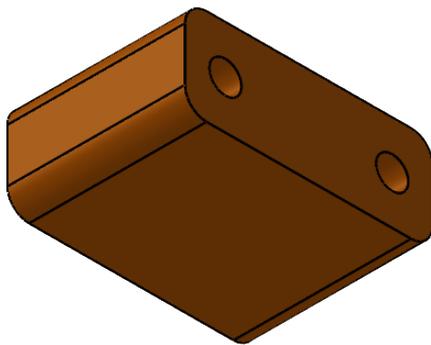
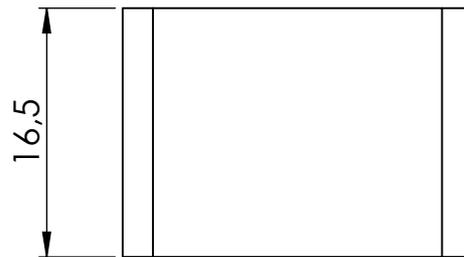
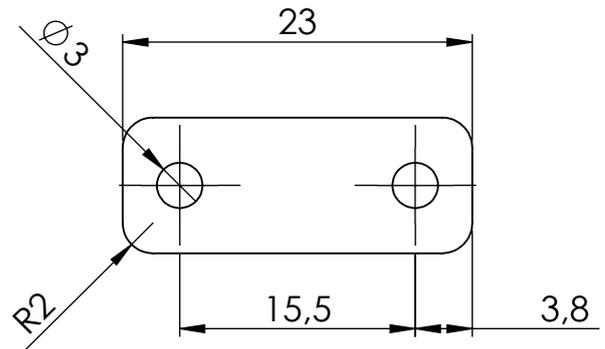
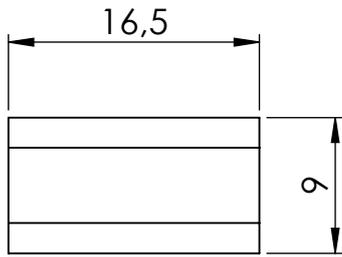


Todos los agujeros son pasantes	<b>Material</b> Acrilnitrilo butadieno estireno (ABS)	Todas las cotas se expresan en mm		 	A4 ESCALA:2:1
		FECHA 29/04/2024			
<b>Peso</b> 0,00242	Nombre del plano Polea conductora PE	Nº Piezas 1	Nº Plano 16/36	Nombre de la autora Elena García Canet	
<b>Tolerancias generales (mm):</b>	<b>Proyecto</b> Proyecto de diseño mecánico, control de posición y análisis cinemático de un prototipo de robot móvil diferencial para la resolución de retos en el concurso Eurobot.				 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI
<b>Lineales</b> ± 1					
<b>Angulares</b> ± 2					
<b>Entre pasadores</b> ± 0,5					



Todos los agujeros son pasantes	<b>Material</b> Acrilonitrilo butadieno estireno (ABS)	Todas las cotas se expresan en mm			A4
		FECHA 29/04/2024			
<b>Peso (kg)</b> 0,00182	Nombre del plano Polea conducida PE	Nº Piezas 1	Nº Plano 17/36	Nombre de la autora Elena García Canet	
<b>Tolerancias generales (mm):</b>	<b>Proyecto</b> Proyecto de diseño mecánico, control de posición y análisis cinemático de un prototipo de robot móvil diferencial para la resolución de retos en el concurso Eurobot.				 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI
<b>Lineales</b> ± 1					
<b>Angulares</b> ± 2					
<b>Entre pasadores</b> ± 0,5					



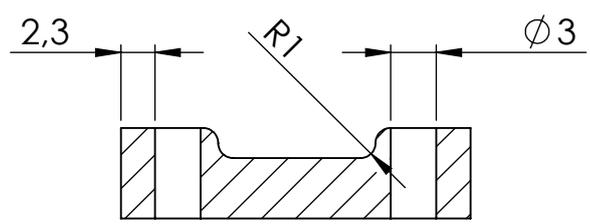


Todos los agujeros son pasantes	<b>Material</b> Acrilonitrilo butadieno estireno (ABS)	Todas las cotas se expresan en mm		 	A4
		FECHA	29/04/2024		
<b>Peso (kg)</b> 0,00319	Nombre del plano	Nº Piezas	Nº Plano	Nombre de la autora	
<b>Tolerancias generales (mm):</b>	Enganche 1	1	19/36	Elena García Canet	
<b>Lineales</b>	± 1		 <b>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA</b> CAMPUS D'ALCOI	A	
<b>Angulares</b>	± 2				
<b>Entre pasadores</b>	± 0,5				
<b>Proyecto</b>		Proyecto de diseño mecánico, control de posición y análisis cinemático de un prototipo de robot móvil diferencial para la resolución de retos en el concurso Eurobot.			

4 3 2 1

F

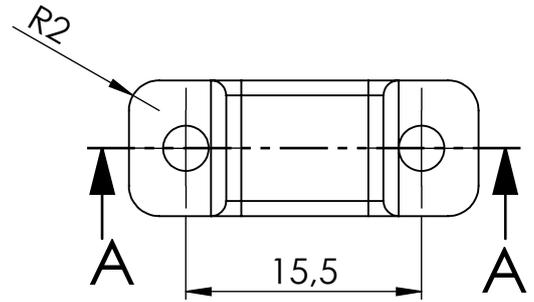
F



SECCIÓN A-A

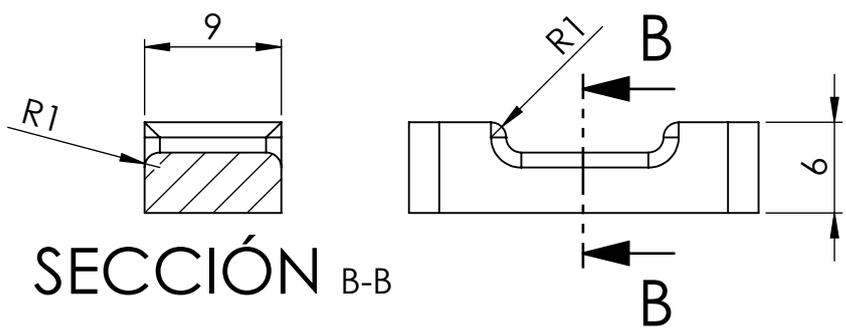
E

E



D

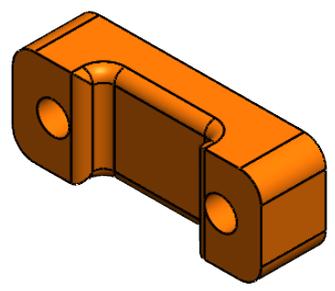
D



SECCIÓN B-B

C

C



B

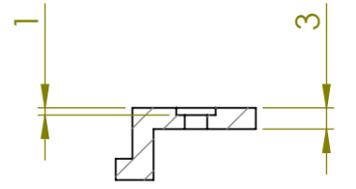
B

Todos los agujeros son pasantes  <b>Peso (kg)</b> 0,00182  <b>Tolerancias generales (mm):</b> Lineales ± 1 Angulares ± 2 Entre pasadores ± 0,5	<b>Material</b> Acrilonitrilo butadieno estireno (ABS)	Todas las cotas se expresan en mm FECHA 29/04/2024			A4 ESCALA:2:1
	Nombre del plano Enganche 2	N° Piezas 1	N° Plano 20/36	Nombre de la autora Elena García Canet	
<b>Proyecto</b> Proyecto de diseño mecánico, control de posición y análisis cinemático de un prototipo de robot móvil diferencial para la resolución de retos en el concurso Eurobot.				UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI	

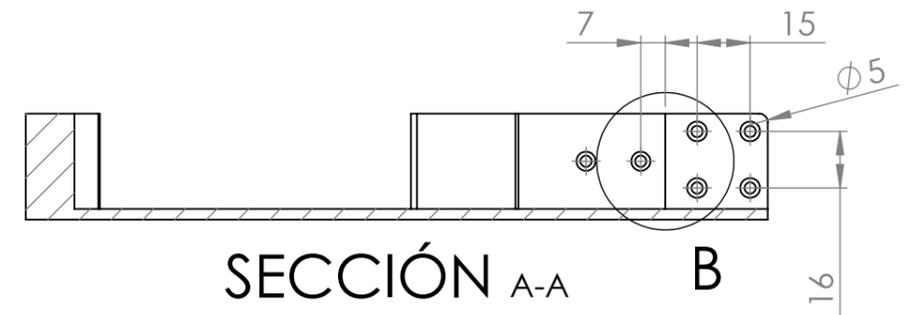
A

A

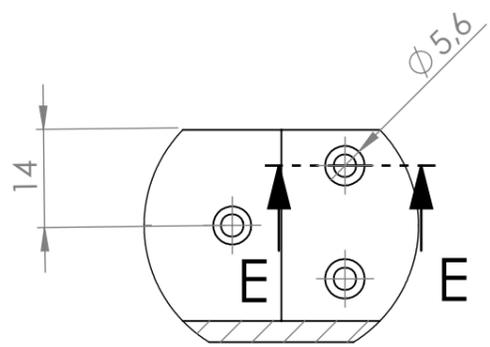
4 3 2 1



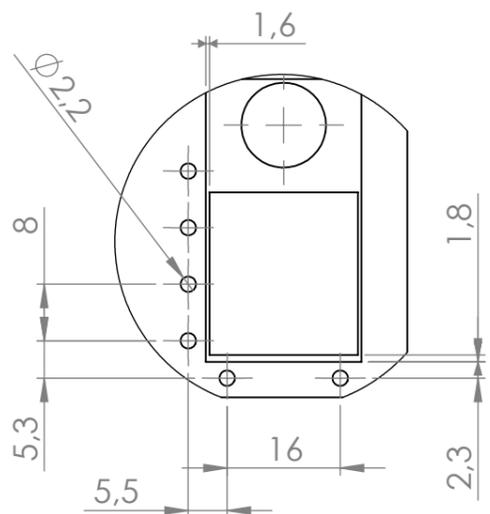
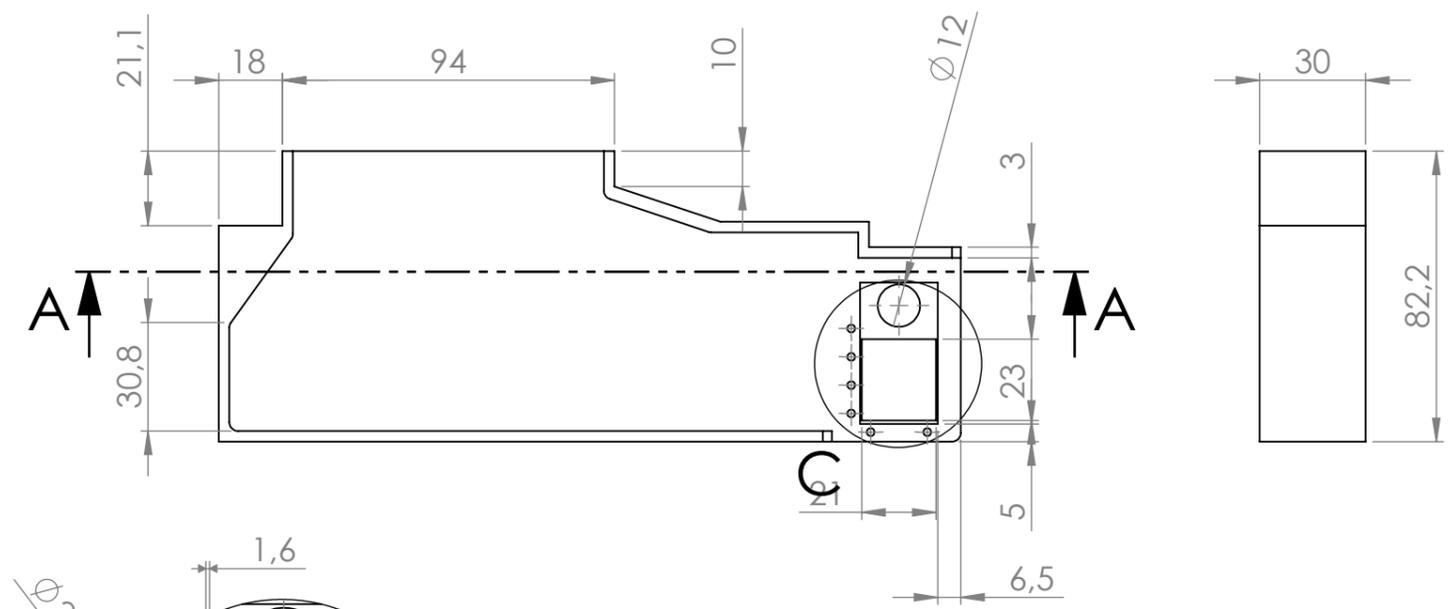
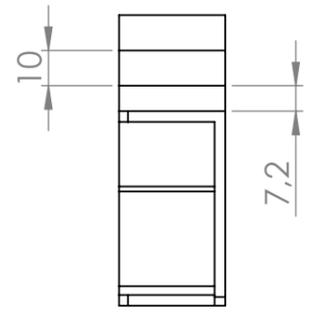
SECCIÓN E-E  
ESCALA 1:1



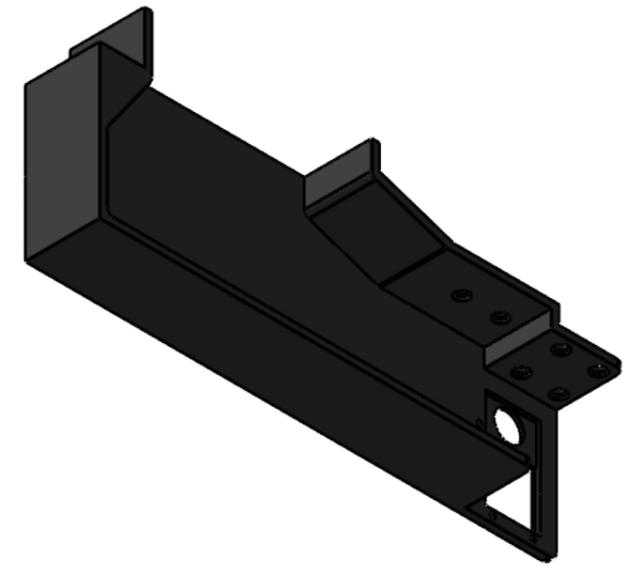
SECCIÓN A-A B



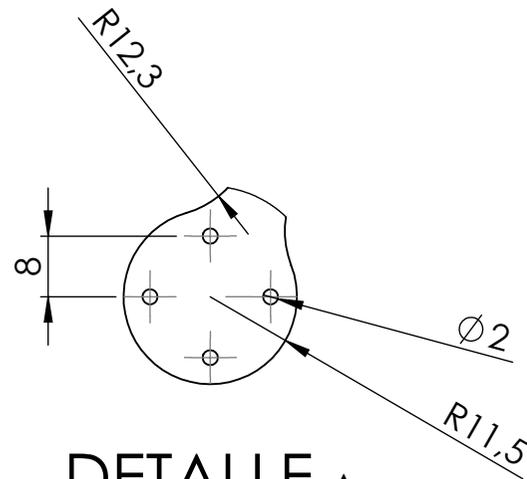
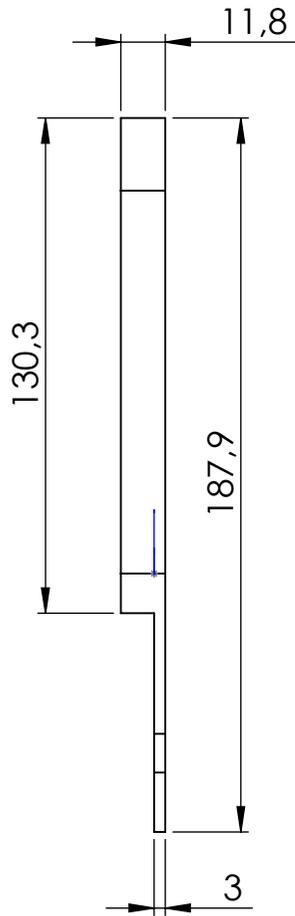
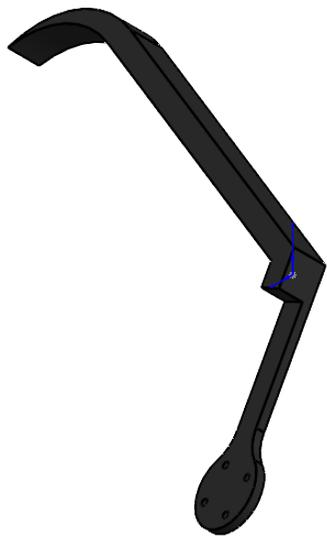
DETALLE B  
ESCALA 1:1



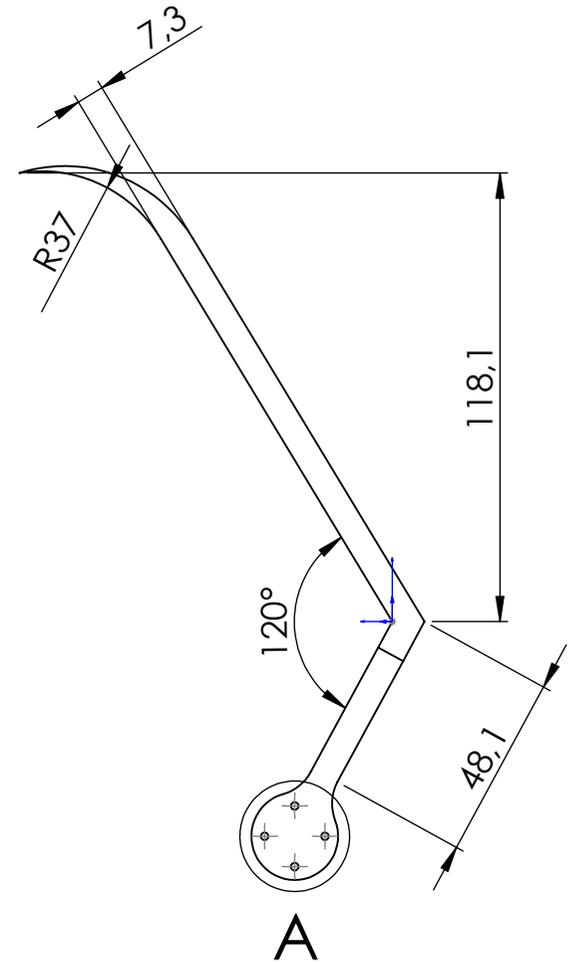
DETALLE C  
ESCALA 1:1



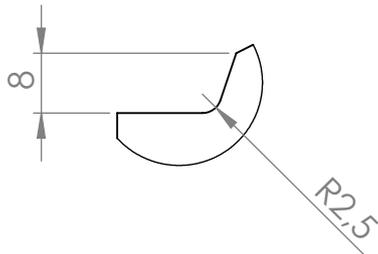
Todos los agujeros son pasantes	<b>Material</b> Ácido Polilático (PLA)	Todas las medidas se expresan en mm <b>FECHA</b> 29/04/2024		 A3 ESCALA:1:2
<b>Peso (kg)</b> 0,08194	Nombre del plano Caja	Nº Piezas 1	Nº Plano 21/36	Nombre de la autora Elena García Canet
<b>Tolerancias generales (mm):</b>	<b>Proyecto</b> Proyecto de diseño mecánico, control de posición y análisis cinemático de un prototipo de robot móvil diferencial para la resolución de retos en el concurso Eurobot.			
<b>Lineales</b> ± 1	 <b>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA</b> CAMPUS D'ALCOI			
<b>Angulares</b> ± 2				
<b>Entre pasadores</b> ± 0,5				



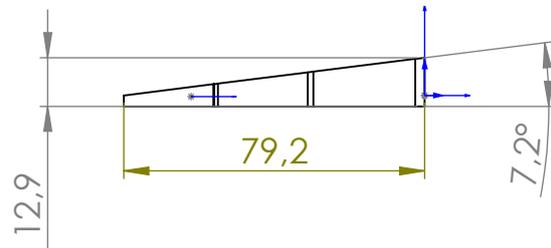
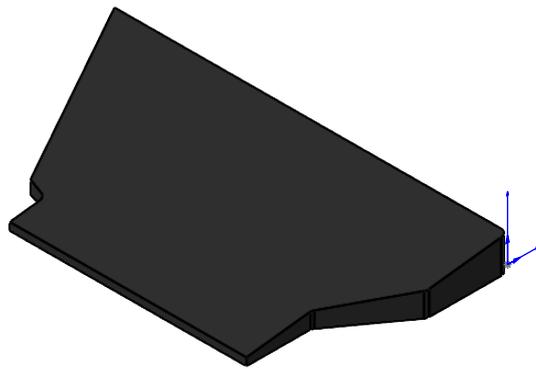
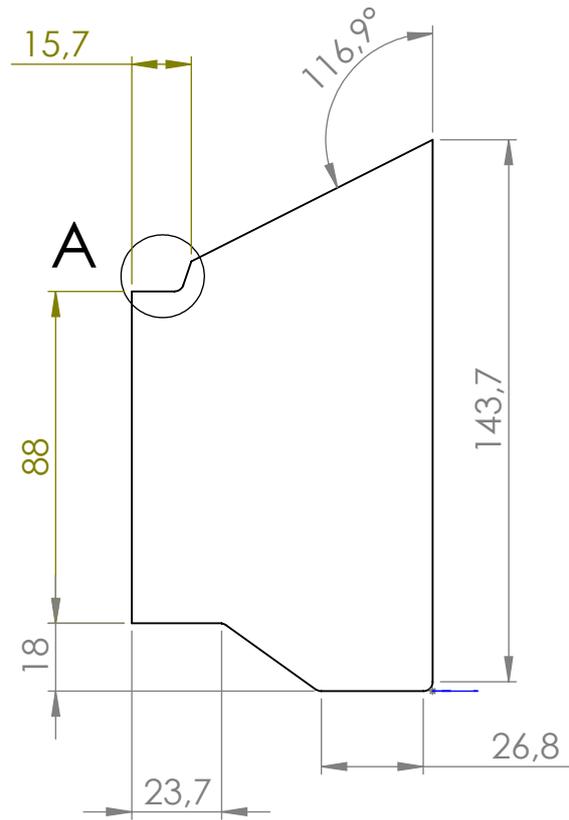
**DETALLE A**  
ESCALA 1 : 1



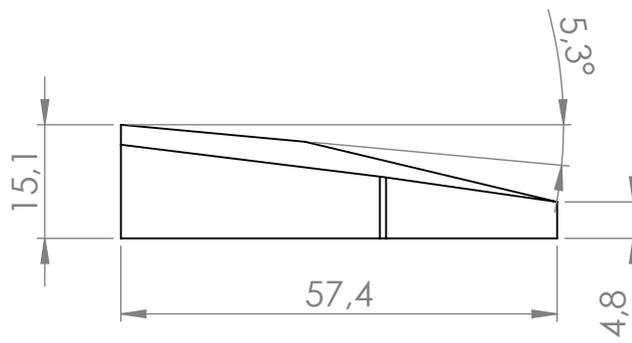
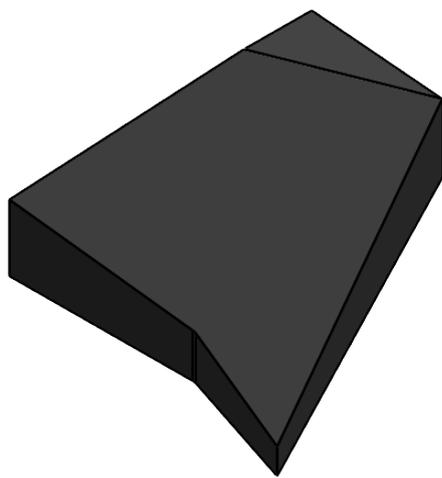
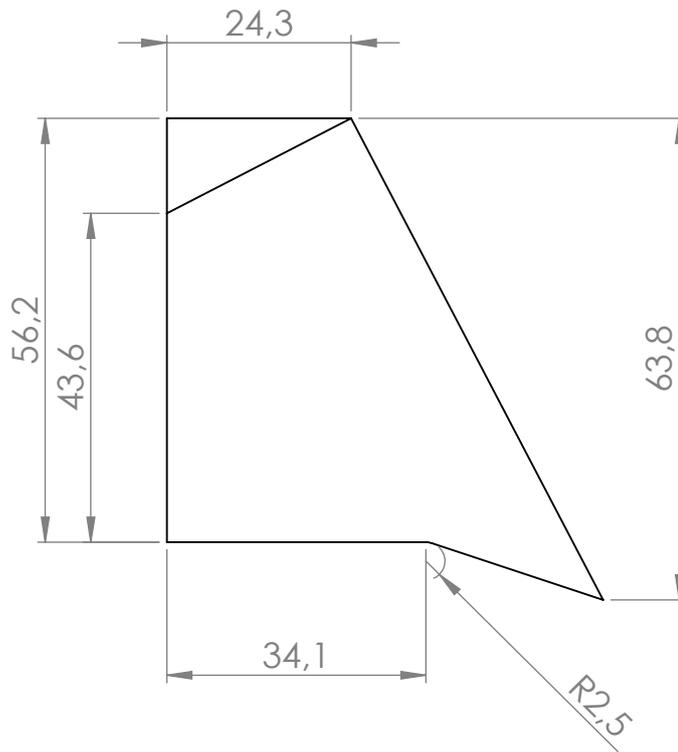
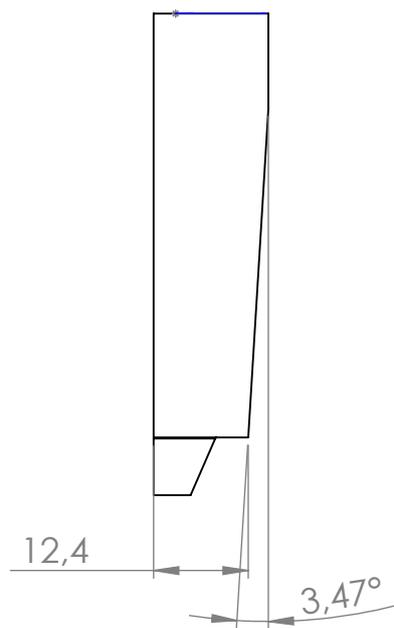
Todos los agujeros son pasantes	<b>Material</b> Ácido poliláctico (PLA)	Todas las cotas se expresan en mm			A4 ESCALA:1:2
		FECHA 29/04/2024			
<b>Peso (kg)</b> 0,01569	Nombre del plano Garra	Nº Piezas 1	Nº Plano 22/36	Nombre de la autora Elena García Canet	
<b>Tolerancias generales (mm):</b>	<b>Proyecto</b> Proyecto de diseño mecánico, control de posición y análisis cinemático de un prototipo de robot móvil diferencial para la resolución de retos en el concurso Eurobot.			 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI	
<b>Lineales</b>	± 1				
<b>Angulares</b>	± 2				
<b>Entre pasadores</b>	± 0,5				



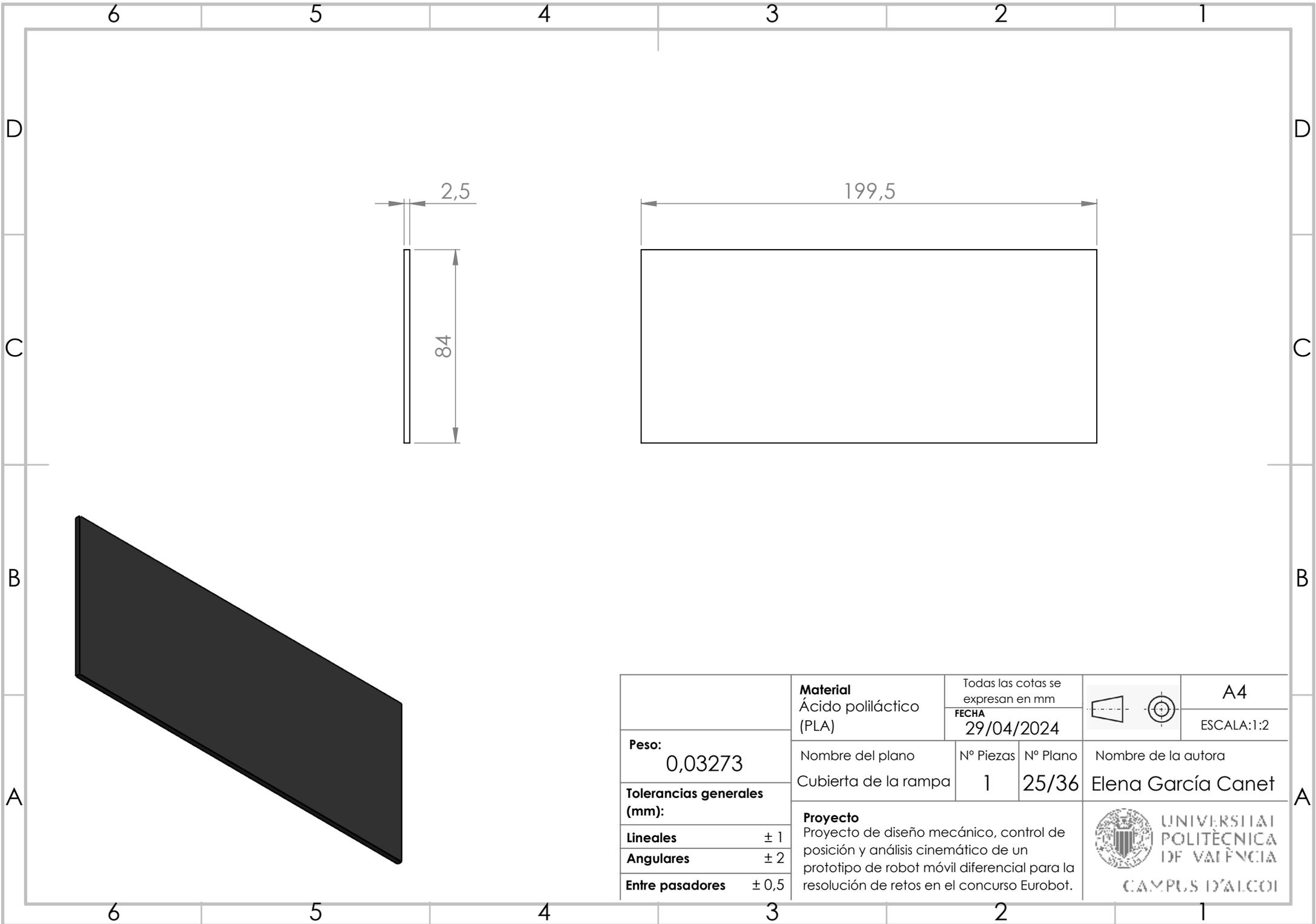
**DETALLE A**  
ESCALA 1 : 1



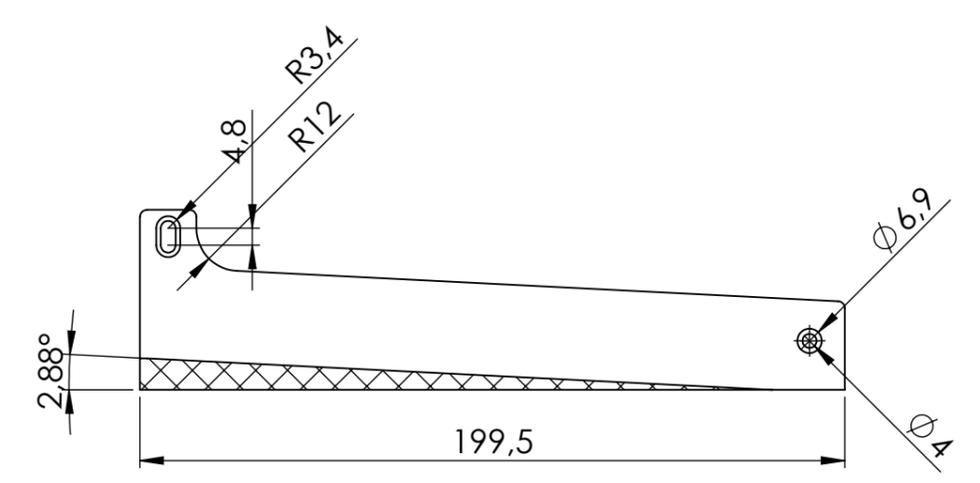
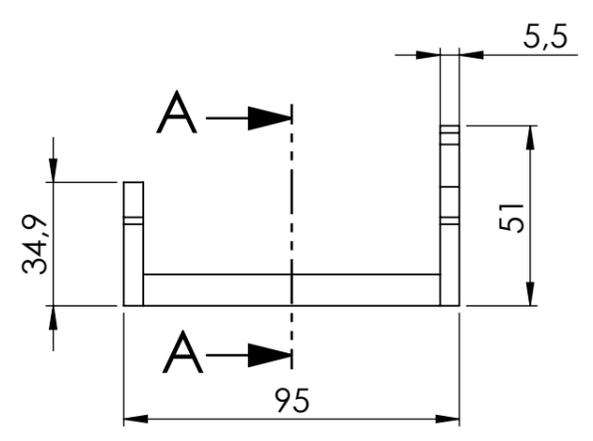
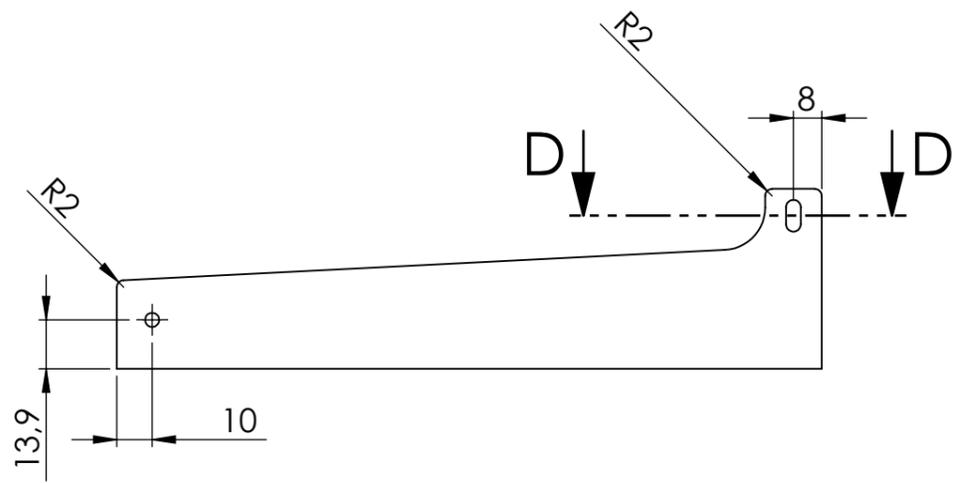
	<b>Material</b> Ácido poliláctico (PLA)	Todas las cotas se expresan en mm			A4
<b>Peso (kg)</b> 0,03873		<b>FECHA</b> 29/04/2024			ESCALA:1:2
<b>Tolerancias generales (mm):</b>	<b>Nombre del plano</b> Rampa caja 1	<b>Nº Piezas</b> 1	<b>Nº Plano</b> 23/36	<b>Nombre de la autora</b> Elena García Canet	
<b>Lineales</b> ± 2	<b>Proyecto</b> Proyecto de diseño mecánico, control de posición y análisis cinemático de un prototipo de robot móvil diferencial para la resolución de retos en el concurso Eurobot.			 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI	
<b>Angulares</b> ± 1					
<b>Entre pasadores</b> -					



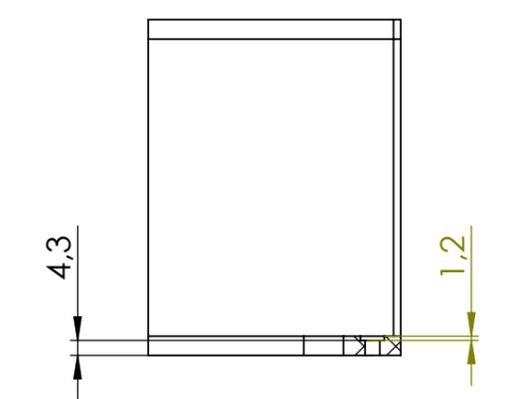
Imprimir con la rampa sobre la cama de la impresora	<b>Material</b> Ácido poliláctico (PLA)	Todas las medidas se expresan en mm		A4
		FECHA 29/04/2024	6,03873	
<b>Peso (kg)</b> 0,015	Nombre del plano Rampa caja 2	Nº Piezas 1	Nº Plano 24/36	Nombre de la autora Elena García Canet
<b>Tolerancias generales (mm):</b>	<b>Proyecto</b> Proyecto de diseño mecánico, control de posición y análisis cinemático de un prototipo de robot móvil diferencial para la resolución de retos en el concurso Eurobot.			 <b>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA</b> CAMPUS D'ALCOI
<b>Lineales</b> ± 1				
<b>Angulares</b> ± 2				
<b>Entre pasadores</b> ± 0,5				



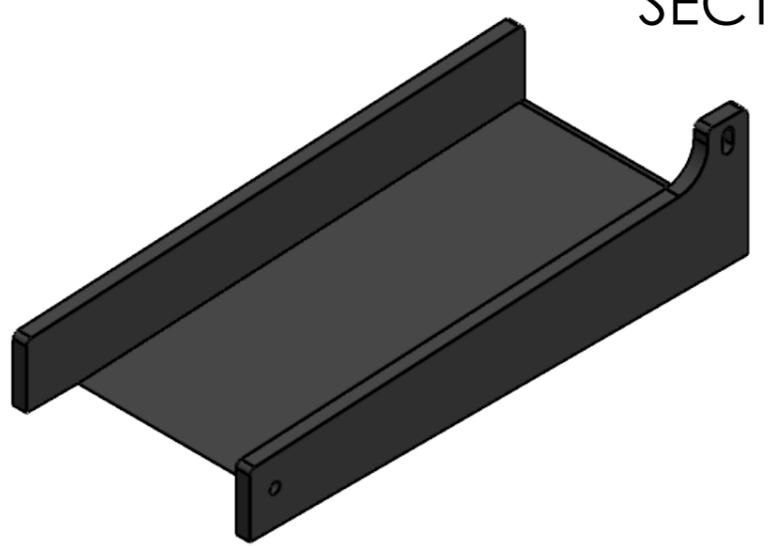
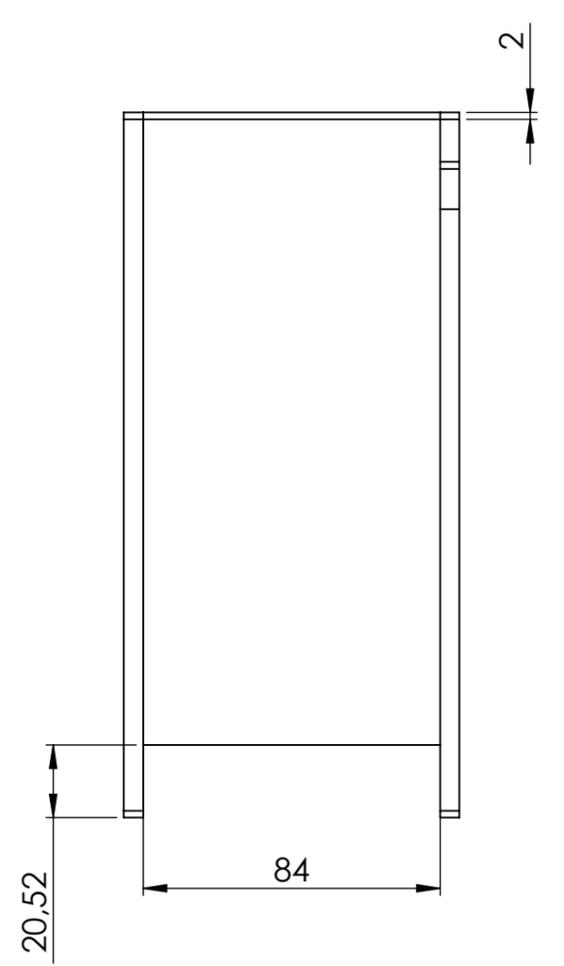
	<b>Material</b> Ácido poliláctico (PLA)	Todas las cotas se expresan en mm			A4
<b>Peso:</b> 0,03273		<b>FECHA</b> 29/04/2024			ESCALA:1:2
<b>Tolerancias generales (mm):</b>	Nombre del plano Cubierta de la rampa	Nº Piezas 1	Nº Plano 25/36	Nombre de la autora Elena García Canet	
<b>Lineales</b> ± 1	<b>Proyecto</b> Proyecto de diseño mecánico, control de posición y análisis cinemático de un prototipo de robot móvil diferencial para la resolución de retos en el concurso Eurobot.			 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI	
<b>Angulares</b> ± 2					
<b>Entre pasadores</b> ± 0,5					



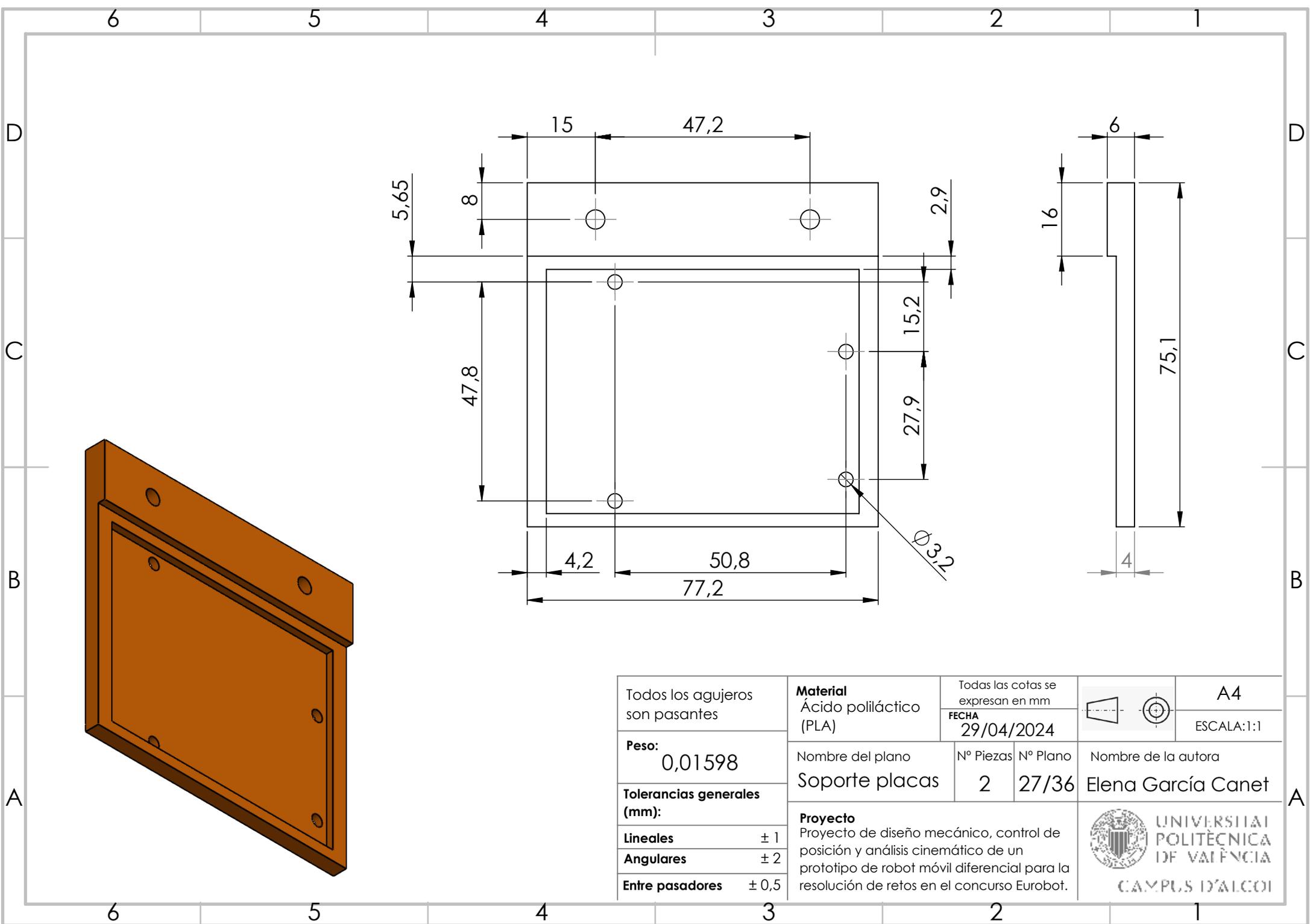
SECTION A-A



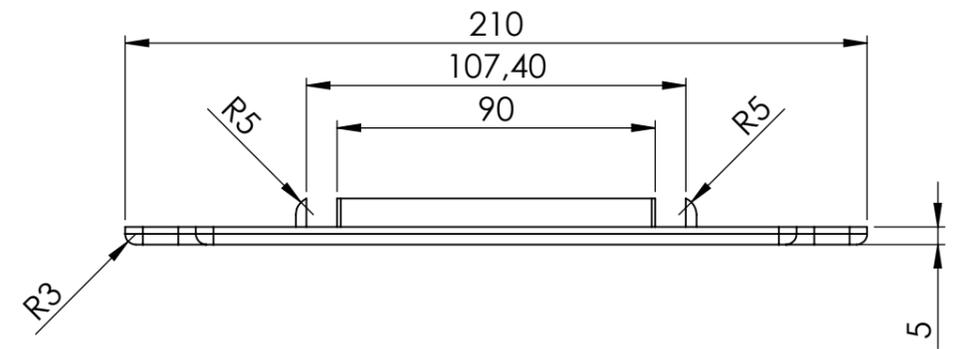
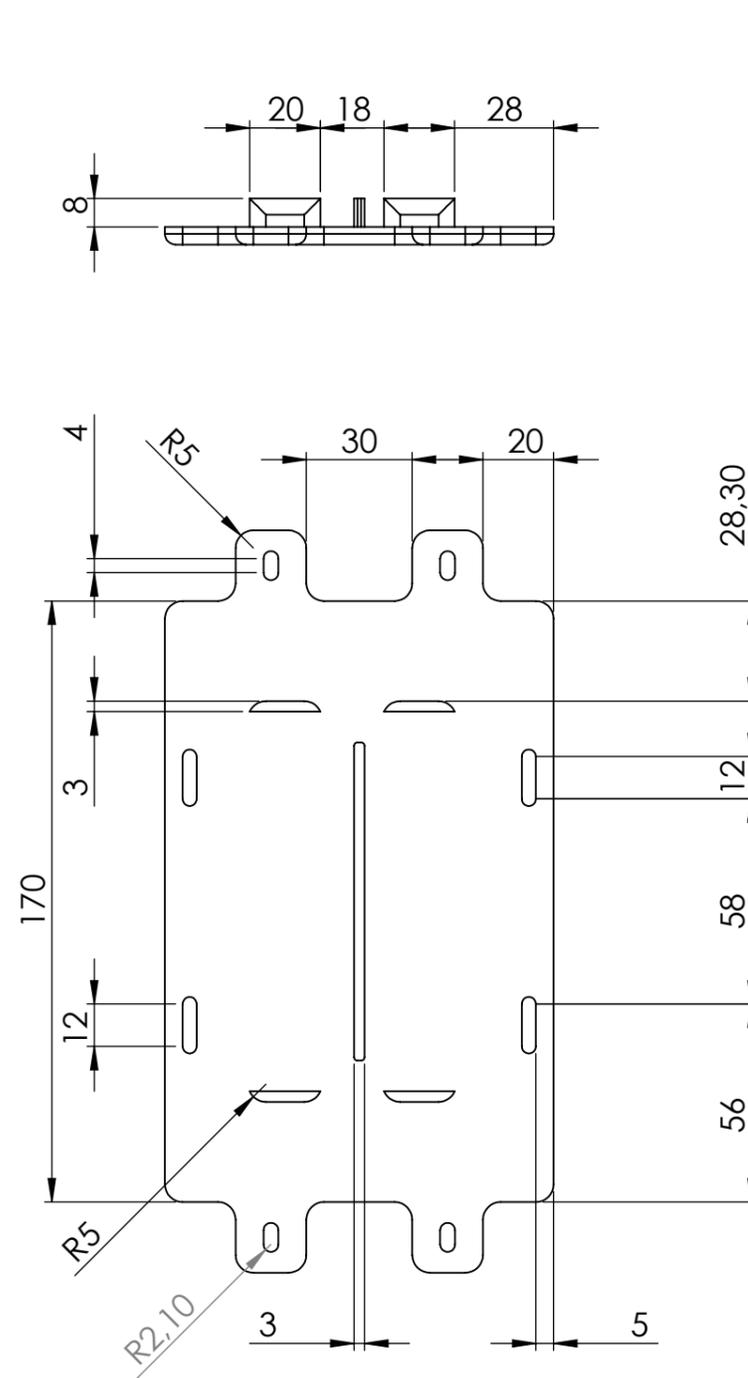
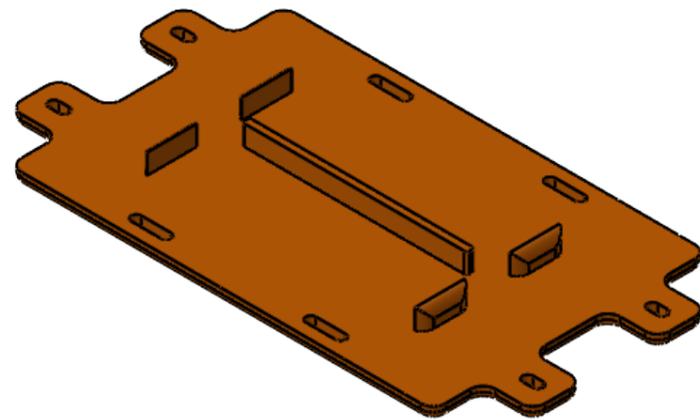
SECTION D-D



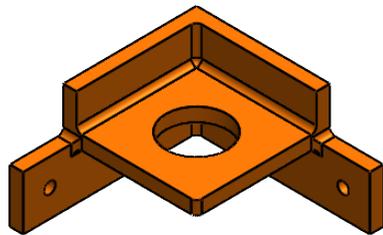
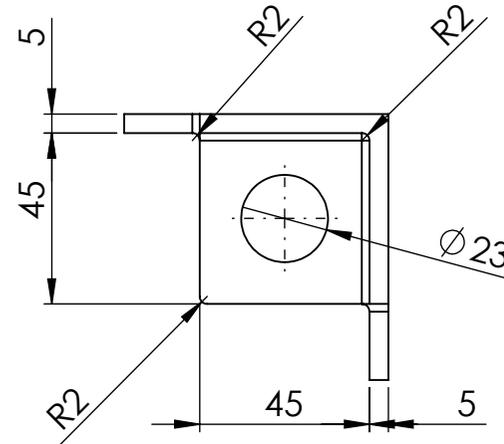
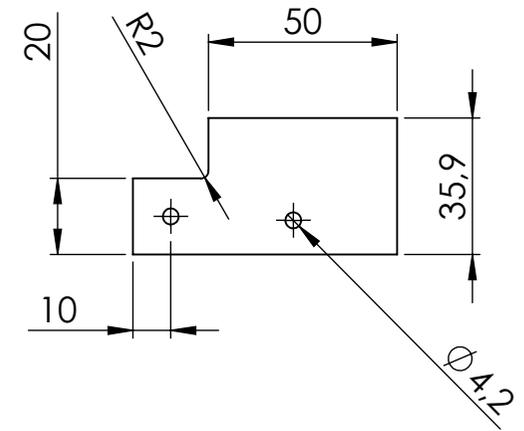
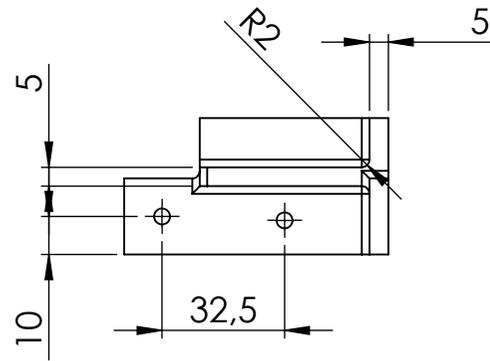
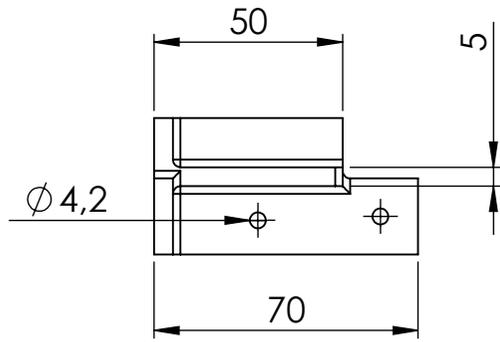
Todos los agujeros son pasantes	<b>Material</b> Ácido poliláctico (PLA)	Todas las cotas se expresan en mm		A3 ESCALA:1:1
<b>Peso (kg)</b> 0,1375	Nombre del plano Rampa	Nº Piezas 1	Nº Plano 26/36	
<b>Tolerancias generales (mm):</b>	<b>Proyecto</b> Proyecto de diseño mecánico, control de posición y análisis cinemático de un prototipo de robot móvil diferencial para la resolución de retos en el concurso Eurobot.			UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI
<b>Lineales</b> ± 1				
<b>Angulares</b> ± 2				
<b>Entre pasadores</b> ± 0,5				



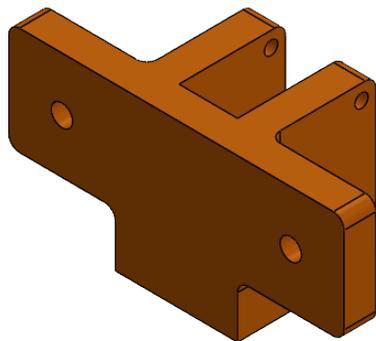
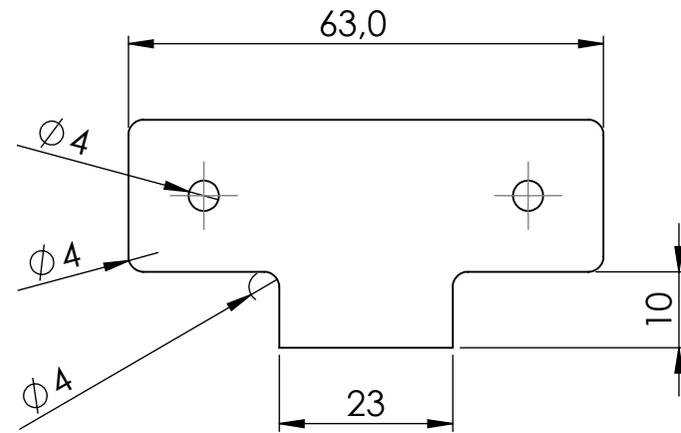
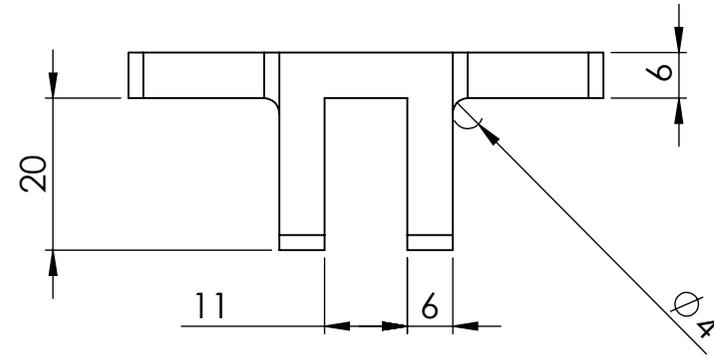
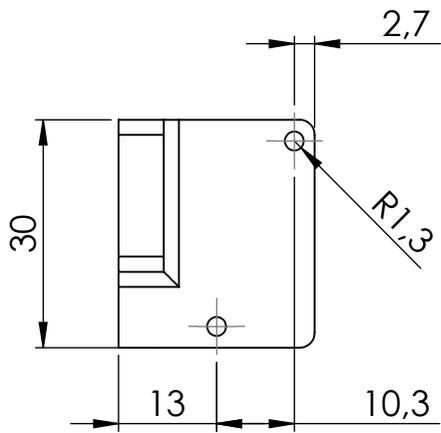
Todos los agujeros son pasantes	<b>Material</b> Ácido poliláctico (PLA)	Todas las cotas se expresan en mm		 	A4
		FECHA 29/04/2024	ESCALA:1:1		
<b>Peso:</b> 0,01598	Nombre del plano Soporte placas	Nº Piezas 2	Nº Plano 27/36	Nombre de la autora Elena García Canet	
<b>Tolerancias generales (mm):</b>	<b>Proyecto</b> Proyecto de diseño mecánico, control de posición y análisis cinemático de un prototipo de robot móvil diferencial para la resolución de retos en el concurso Eurobot.				 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI
<b>Lineales</b> ± 1					
<b>Angulares</b> ± 2					
<b>Entre pasadores</b> ± 0,5					



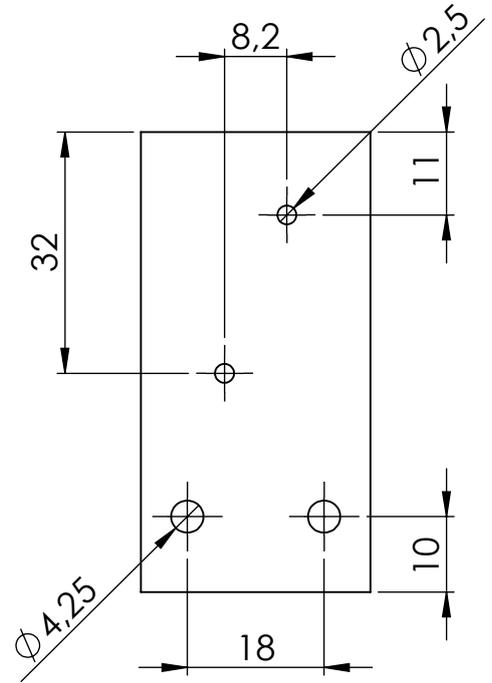
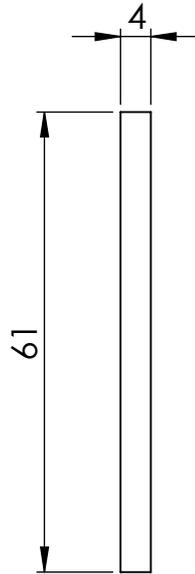
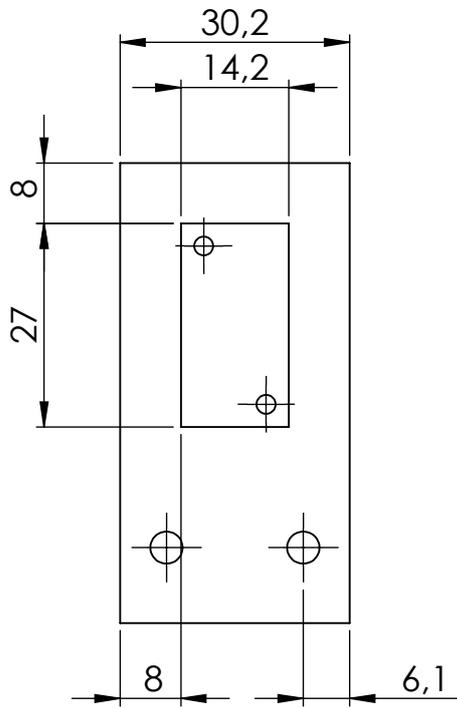
Todas las ranuras son pasantes	<b>Material</b> Ácido poliláctico (PLA)	Todas las cotas se expresan en mm <b>FECHA</b> 29/04/2024		A3 ESCALA:1:2
<b>Peso (kg)</b> 0,103891	Nombre del plano Soporte baterias	Nº Piezas 1	Nº Plano 28/36	Nombre de la autora Elena García Canet
<b>Tolerancias generales (mm):</b>	<b>Proyecto</b> Proyecto de diseño mecánico, control de posición y análisis cinemático de un prototipo de robot móvil diferencial para la resolución de retos en el concurso Eurobot.			
<b>Lineales</b> ± 1	 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI			
<b>Angulares</b> ± 2				
<b>Entre pasadores</b> ± 0,5				



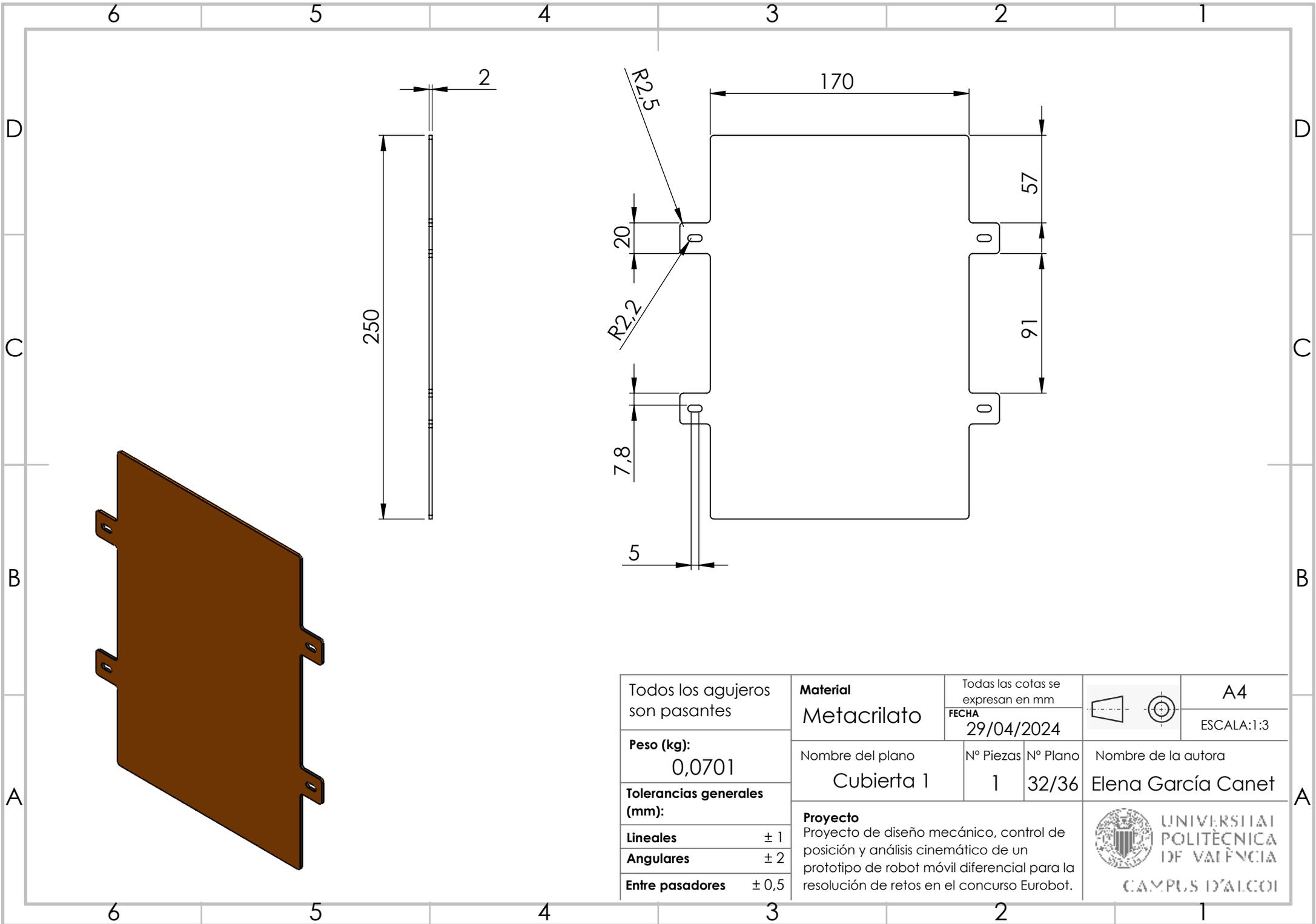
Todos los agujeros son pasantes	<b>Material</b> Acrilonitrilo butadieno estireno (ABS)	<b>FECHA</b> 29/04/2024		 A4 ESCALA:1:2
<b>Peso (kg)</b> 0,0296	Nombre del plano Soporte boton emergencia	Nº Piezas 1	Nº Plano 29/36	Nombre de la autora Elena García Canet
<b>Tolerancias generales (mm):</b>	<b>Proyecto</b> Proyecto de diseño mecánico, control de posición y análisis cinemático de un prototipo de robot móvil diferencial para la resolución de retos en el concurso Eurobot.			
<b>Lineales</b> ± 1	 <b>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA</b> CAMPUS D'ALCOI			
<b>Angulares</b> ± 2				
<b>Entre pasadores</b> ± 0,5				



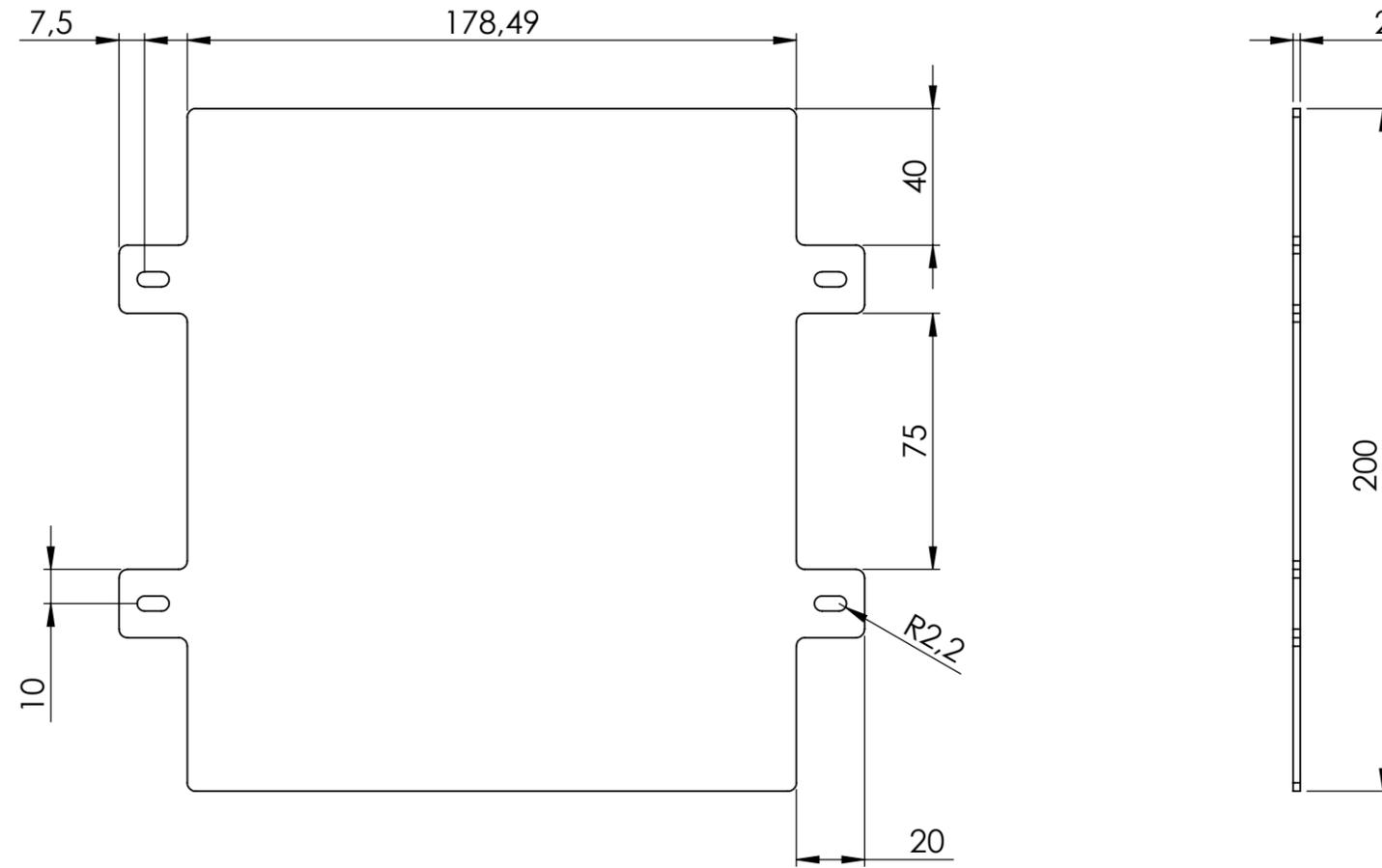
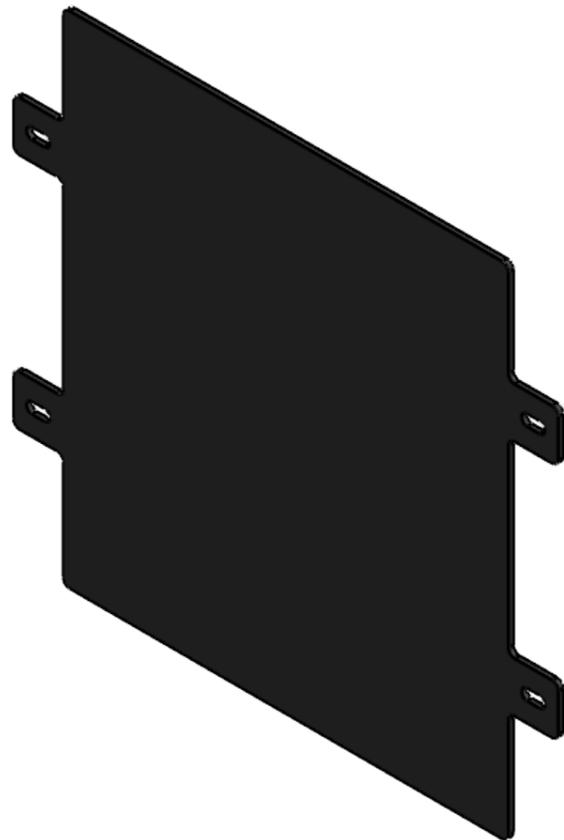
Todos los agujeros son pasantes	<b>Material</b> Acrilnitrilo butadieno estireno (ABS)	Todas las cotas se expresan en mm		 	A4 ESCALA:1:1
		FECHA 29/04/2024			
<b>Peso (kg):</b> 0,01617	Nombre del plano Soporte final carrera	Nº Piezas 1	Nº Plano 30/36	Nombre de la autora Elena García Canet	
<b>Tolerancias generales (mm):</b>	<b>Proyecto</b> Proyecto de diseño mecánico, control de posición y análisis cinemático de un prototipo de robot móvil diferencial para la resolución de retos en el concurso Eurobot.			 <b>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA</b> CAMPUS D'ALCOI	
<b>Lineales</b> ± 1					
<b>Angulares</b> ± 2					
<b>Entre pasadores</b> ± 0,5					



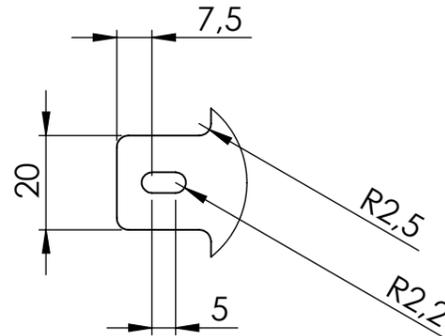
Todos los agujeros son pasantes  <b>Peso (kg)</b> 0,00658  <b>Tolerancias generales (mm):</b> Lineales $\pm 1$ Angulares $\pm 2$ Entre pasadores $\pm 0,5$	<b>Material</b> Ácido poliláctico (PLA)	Todas las cotas se expresan en mm FECHA 29/04/2024		 	A4  ESCALA:1:1
	Nombre del plano Soporte sensor	N° Piezas 4	N° Plano 31/36	Nombre de la autora Elena García Canet	
<b>Proyecto</b> Proyecto de diseño mecánico, control de posición y análisis cinemático de un prototipo de robot móvil diferencial para la resolución de retos en el concurso Eurobot.			 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI		



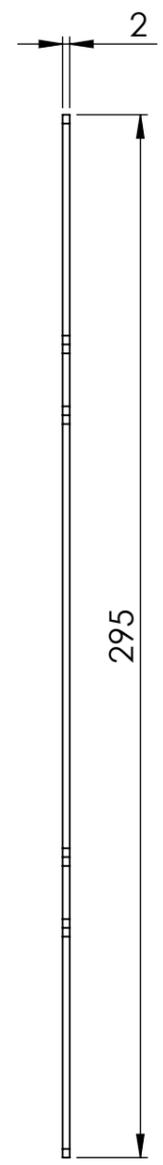
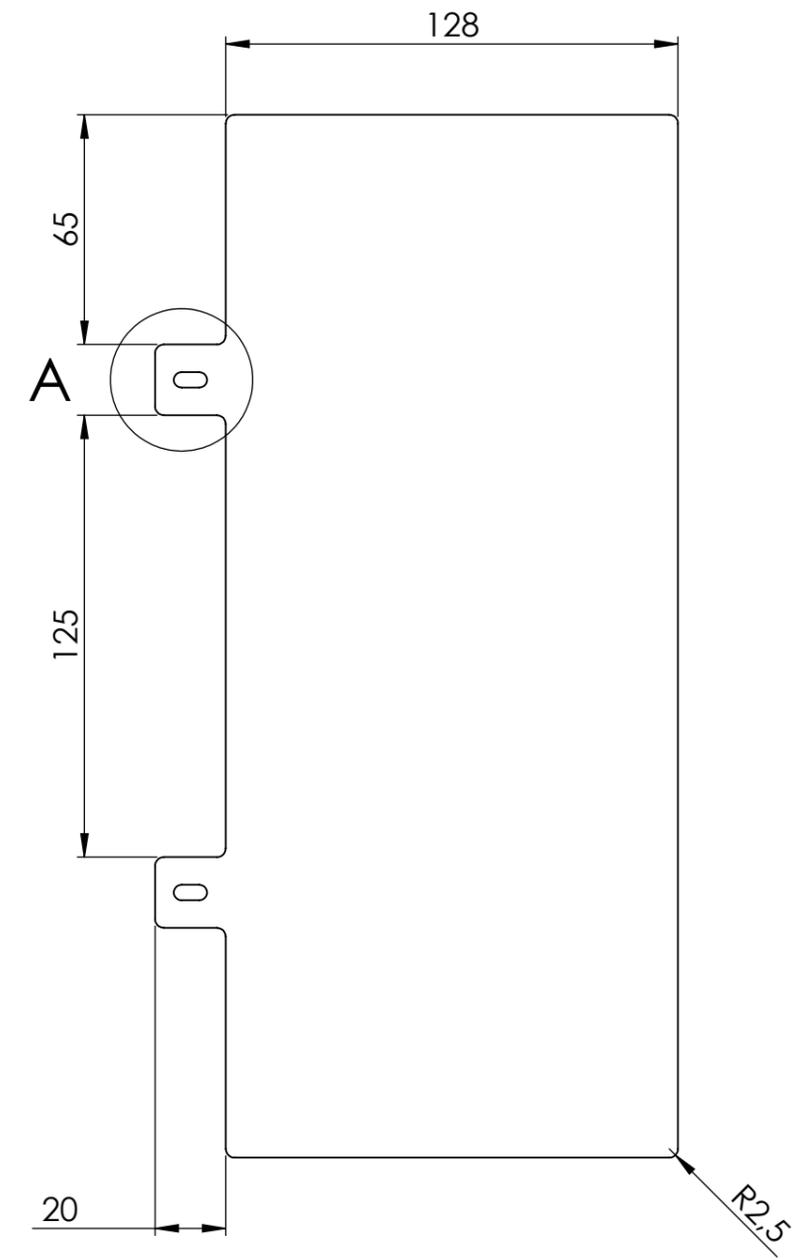
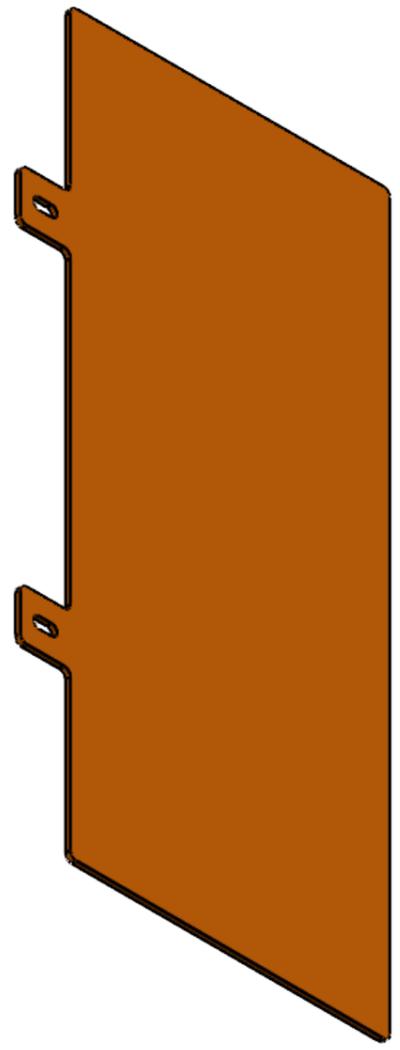
Todos los agujeros son pasantes	<b>Material</b> Metacrilato	Todas las cotas se expresan en mm		 	A4 ESCALA:1:3
		FECHA 29/04/2024			
<b>Peso (kg):</b> 0,0701	Nombre del plano Cubierta 1	Nº Piezas 1	Nº Plano 32/36	Nombre de la autora Elena García Canet	
<b>Tolerancias generales (mm):</b>	<b>Proyecto</b> Proyecto de diseño mecánico, control de posición y análisis cinemático de un prototipo de robot móvil diferencial para la resolución de retos en el concurso Eurobot.			 <b>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA</b> CAMPUS D'ALCOI	
<b>Lineales</b> ± 1					
<b>Angulares</b> ± 2					
<b>Entre pasadores</b> ± 0,5					



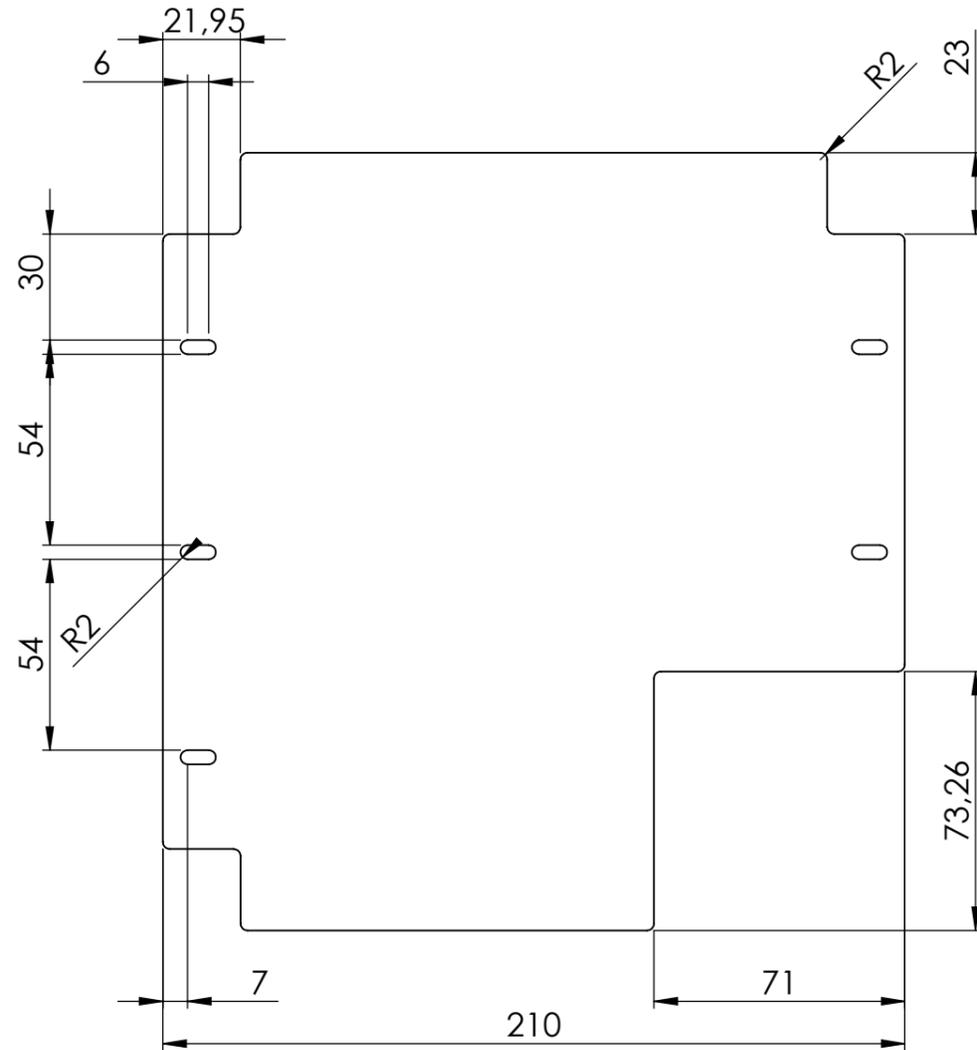
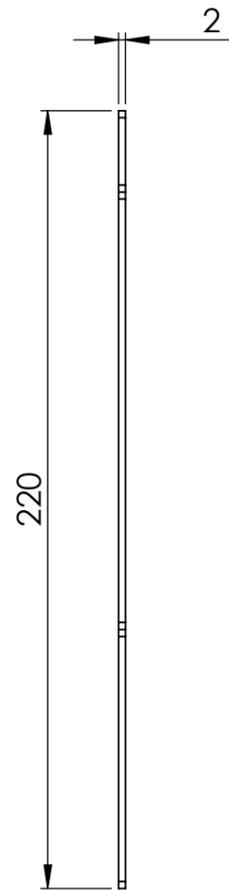
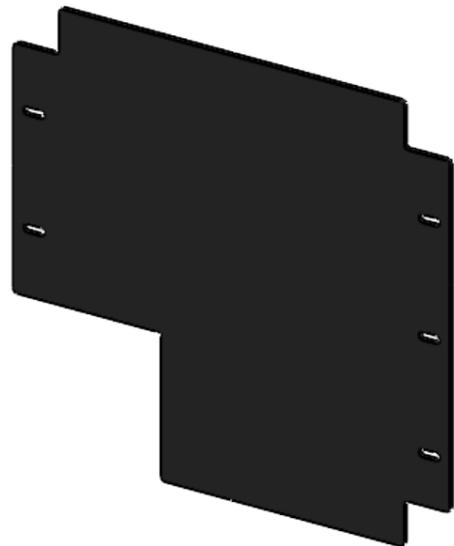
-Todos los agujeros son pasantes -Redondeos de 2,5 mm	<b>Material</b> Metacrilato	Todas las cotas se expresan en mm			A3 ESCALA:1:2
		<b>Peso (kg)</b> 0,0726	FECHA 29/04/2024		
<b>Tolerancias generales (mm):</b>	Nombre del plano Cubierta 2	Nombre de la autora Elena García Canet	UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI		
<b>Lineales</b> ± 1 <b>Angulares</b> ± 2 <b>Entre pasadores</b> ± 0,5	<b>Proyecto</b> Proyecto de diseño mecánico, control de posición y análisis cinemático de un prototipo de robot móvil diferencial para la resolución de retos en el concurso Eurobot.				



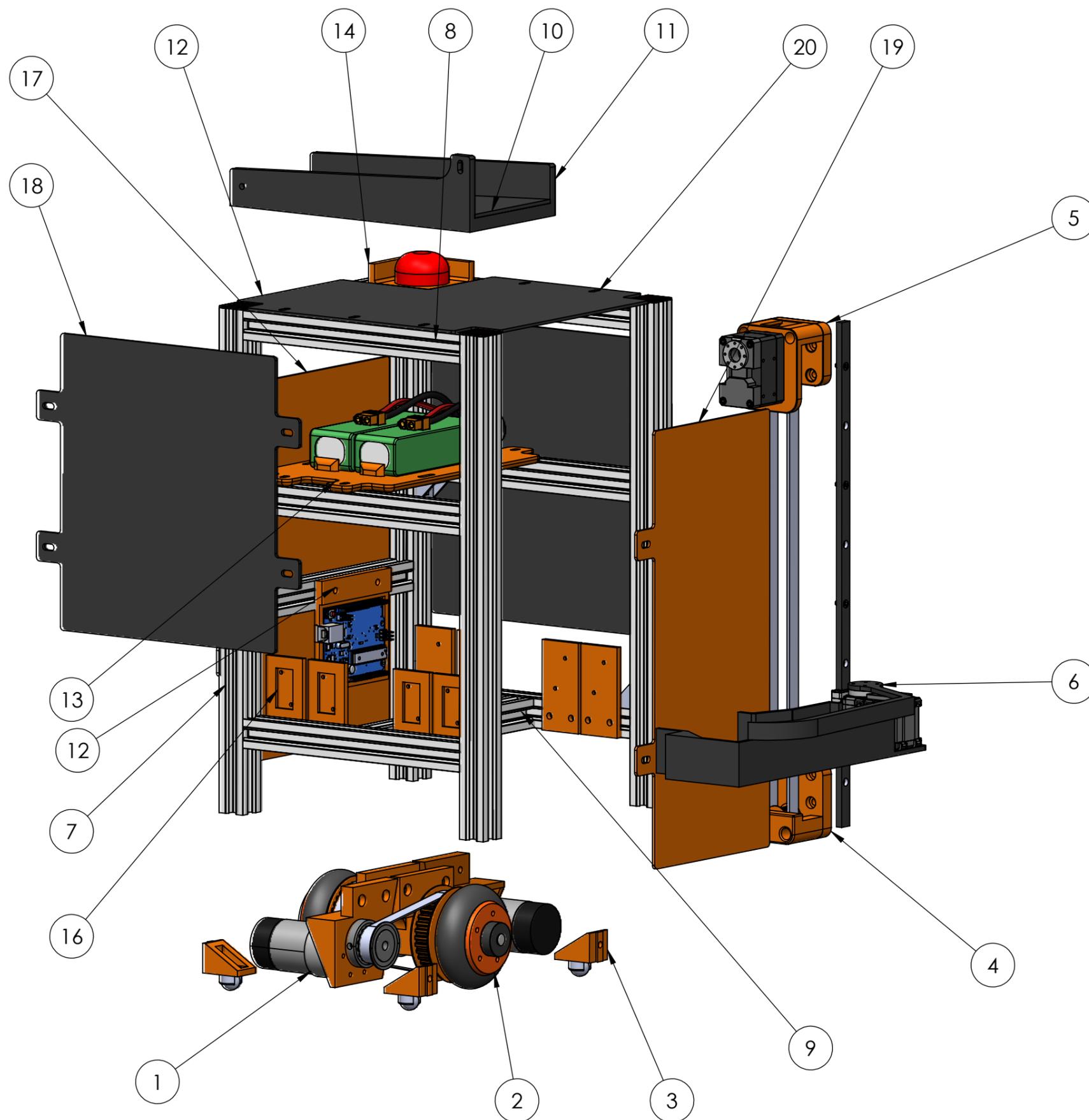
DETALLE A  
ESCALA 2 : 3



Todos los agujeros son pasantes	<b>Material</b> Ácido poliláctico (PLA)	Todas las cotas se expresan en mm			A3 ESCALA:1:2
<b>Peso (kg)</b> 0,00721	Nombre del plano Separador	NºPiezas 1	NºPlano 34/36		Nombre de la autora Elena García Canet
<b>Tolerancias generales (mm):</b>	<b>Proyecto</b> Proyecto de diseño mecánico, control de posición y análisis cinemático de un prototipo de robot móvil diferencial para la resolución de retos en el concurso Eurobot.				 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI
<b>Lineales</b> ± 1					
<b>Angulares</b> ± 2					
<b>Entre pasadores</b> ± 0,5					

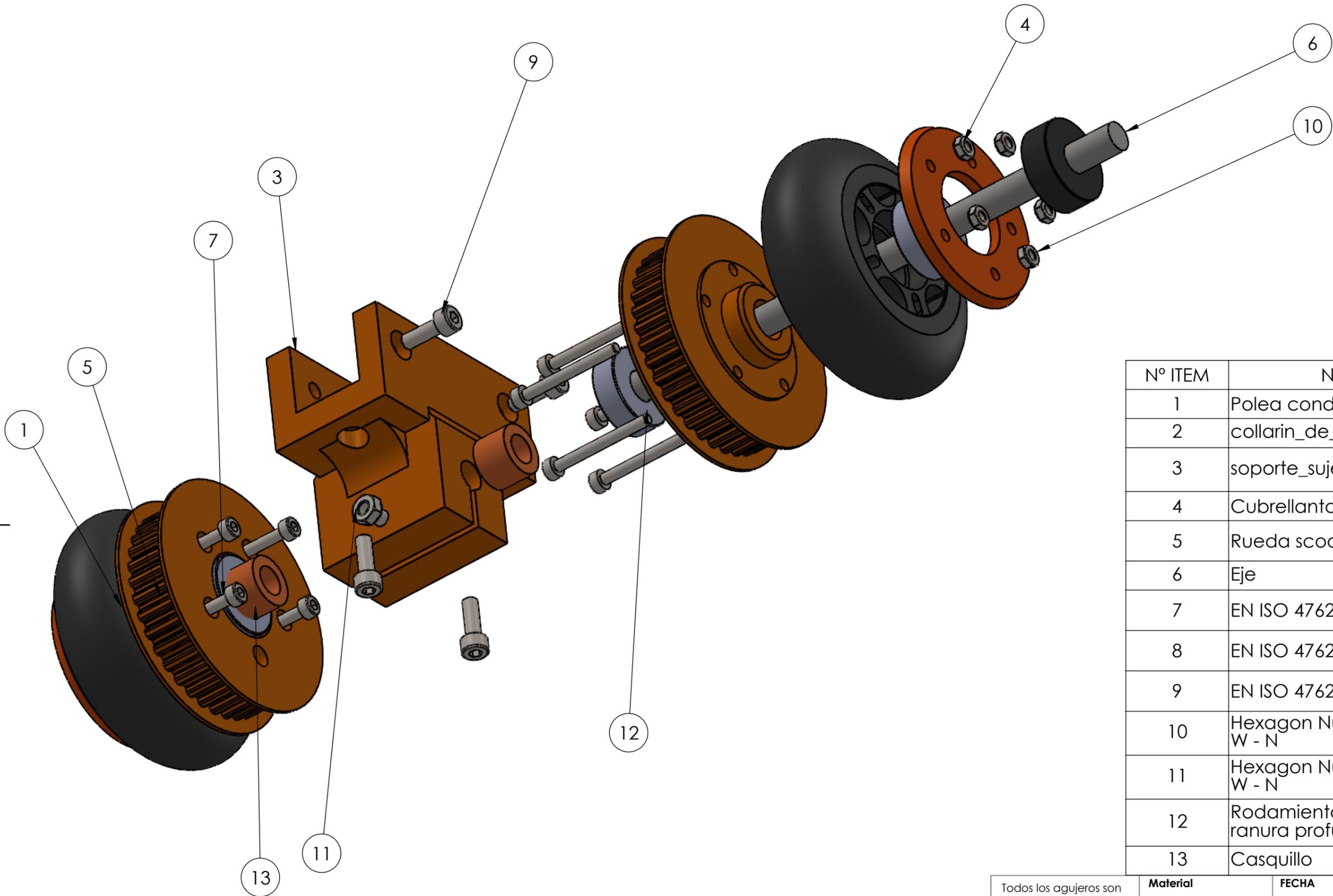


Todos los agujeros son pasantes	<b>Material</b> Metacrilato	Todas las cotas se expresan en mm			A3
<b>Peso (kg)</b> 0,0701	Nombre del plano Cubierta superior	Nº Piezas 1	Nº Plano 35/36		Nombre de la autora Elena García Canet
<b>Tolerancias generales (mm):</b>	<b>Proyecto</b> Proyecto de diseño mecánico, control de posición y análisis cinemático de un prototipo de robot móvil diferencial para la resolución de retos en el concurso Eurobot.				 <b>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA</b> CAMPUS D'ALCOI
<b>Lineales</b> ± 1					
<b>Angulares</b> ± 2					
<b>Entre pasadores</b> ± 0,5					



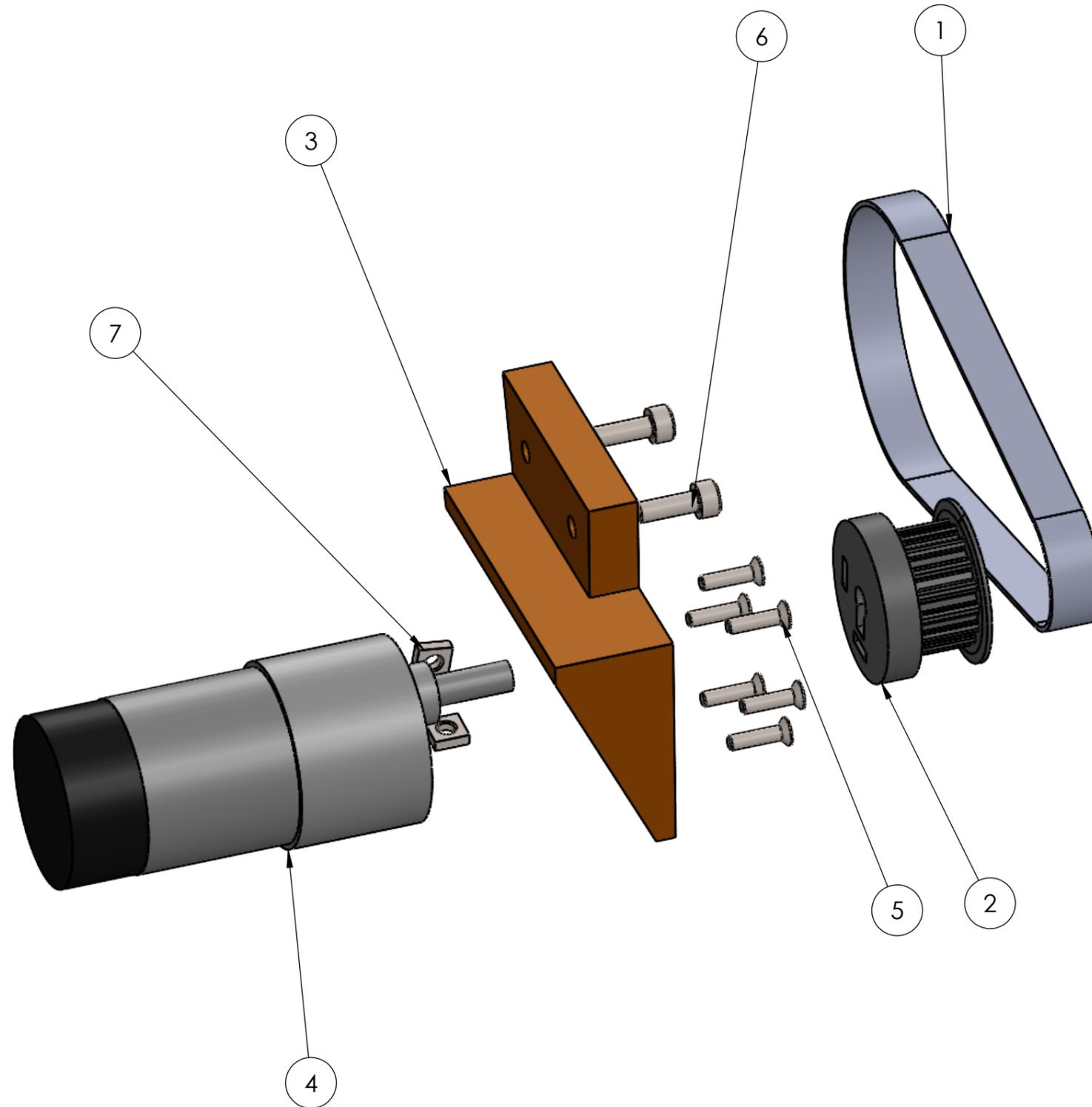
Subconjuntos			
Nº. Item	Nombre	Nº. Plano	Conjunto superior
1	Conjunto motor	C1	Base locomotriz
2	Conjunto eje	C2	Base locomotriz
3	Conjunto bolas de apoyo	C3	Base locomotriz
4	Conjunto inferior	C4	Parte elevadora
5	Conunto superior	C5	Parte elevadora
6	Conjunto caja	C6	Parte elevadora
Componentes			
7	Perfil 340	Plano 1	Componente comercial
8	Perfil 180	Plano 2	Componente comercial
9	Perfil 340	Plano 3	Componente comercial
10	Cubierta rampa	Plano 25	Parte elevadora
11	Rampa	Plano 26	Parte elevadora
12	Soporte placas	Plano 27	Parte interna
13	Soporte baterías	Plano 28	Parte interna
14	Soporte botón de emergencia	Plano 29	Parte interna
15	Soporte final de carrera	Plano 30	Parte interna
16	Soporte sensores	Plano 31	Parte interna
17	Cubierta 1	Plano 32	Cubiertas
18	Cubierta 2	Plano 33	Cubiertas
19	Separador	Plano 34	Cubiertas
20	Cubierta superior	Plano 35	Cubiertas

Todos los agujeros son pasantes	<b>Material</b> Consultar planos independientes	Todas las cotas se expresan en mm FECHA 29/04/2024	A3 ESCALA:1:3
<b>Peso (kg)</b> 3,36	Nombre del plano Plano general	Nº Piezas Nº Plano 2 36/36	Nombre de la autora Elena García Canet
<b>Tolerancias generales (mm):</b>	<b>Proyecto</b> Proyecto de diseño mecánico, control de posición y análisis cinemático de un prototipo de robot móvil diferencial para la resolución de retos en el concurso Eurobot.		
<b>Lineales</b> ± 1	 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI		
<b>Angulares</b> ± 2			
<b>Entre pasadores</b> ± 0,5			



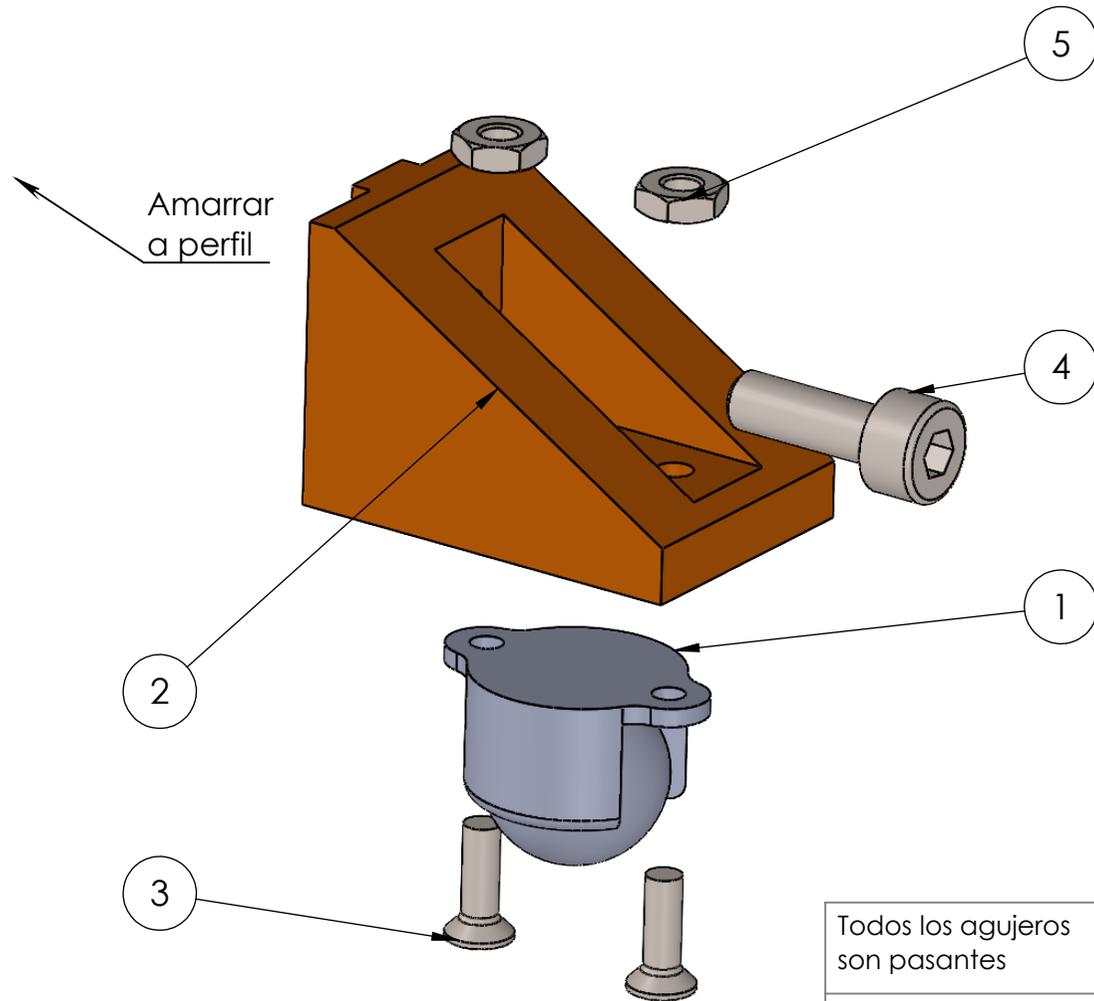
Nº ITEM	NOMBRE	CANT.
1	Polea conducida BL	2
2	collarin_de_fijación	2
3	soporte_sujeción_eje_8_mm	1
4	Cubrellantas	2
5	Rueda scooter skate	2
6	Eje	1
7	EN ISO 4762 M3 x 45	10
8	EN ISO 4762 M4 x 25 - 20N	1
9	EN ISO 4762 M4 x 12 - 12N	4
10	Hexagon Nut ISO 4032 - M3 - W - N	10
11	Hexagon Nut ISO 4032 - M4 - W - N	1
12	Rodamiento de bolas de ranura profunda	3
13	Casquillo	2

Todos los agujeros son pasantes	<b>Material</b> Varios	<b>FECHA</b> 29/04/2024		 A3 ESCALA:1:1
	<b>Peso (kg)</b>	Nombre del plano Montaje conjunto eje	Nº Piezas 2	
<b>Tolerancias generales (mm):</b>	<b>Proyecto</b> Proyecto de diseño mecánico, control de posición y análisis cinemático de un prototipo de robot móvil diferencial para la resolución de retos en el concurso Eurobot.			
<b>Lineales</b>	± 1	 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI		
<b>Angulares</b>	± 2			
<b>Entre pasadores</b>	± 0,5			



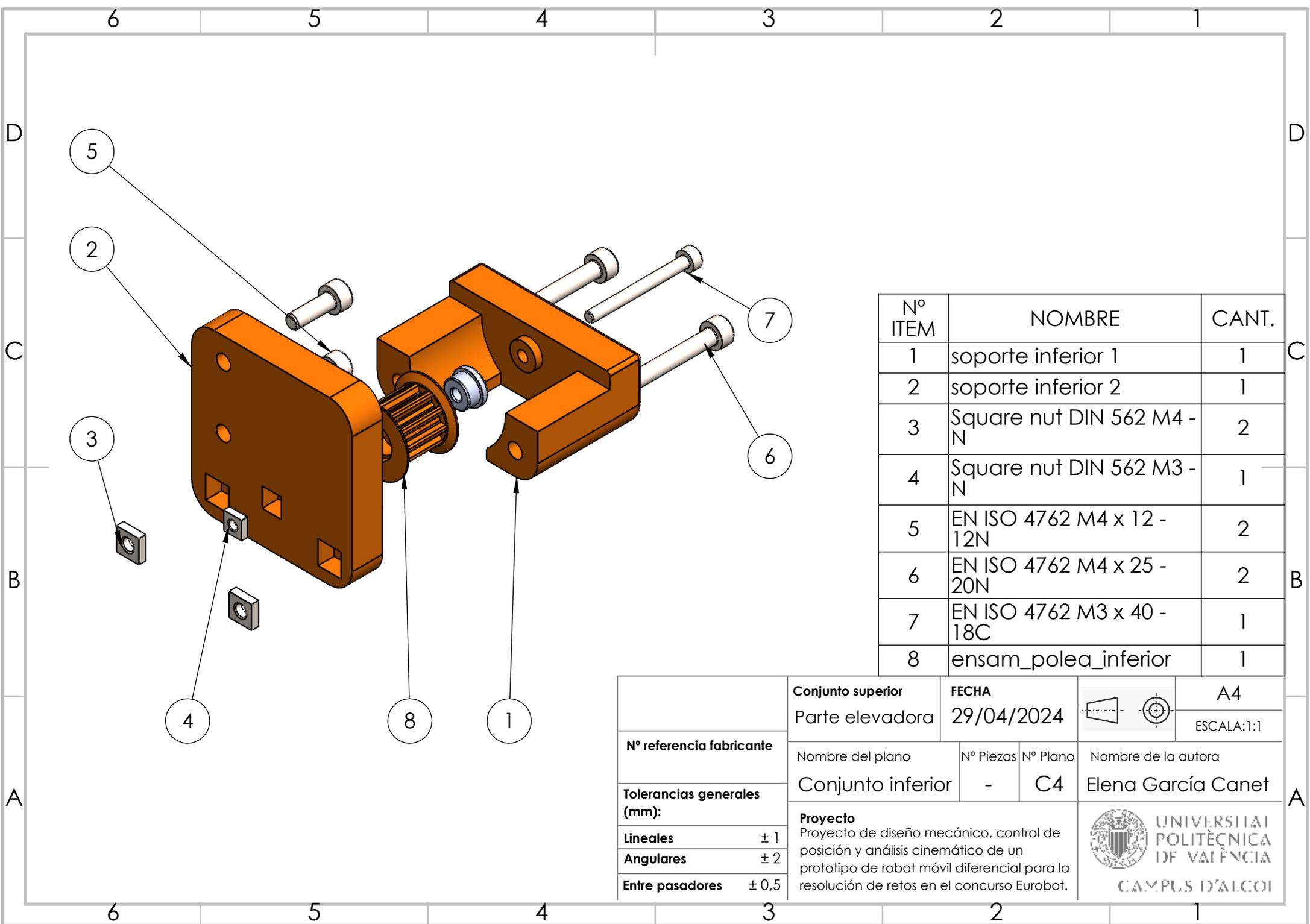
Nº. ITEM	NOMBRE	CANT.
1	Correa dentada base locomotriz	1
2	Polea conductora BL	1
3	Soporte motor	1
4	Gearmotor_37D_100.stp	1
5	DIN 7991 - M3 x 12 --- 8.8N	6
6	EN ISO 4762 M4 x 12 - 12N	2
7	Square nut DIN 562 M4 -N	2

Todos los agujeros son pasantes	<b>Conjunto superior</b>		<b>FECHA</b>		A3 ESCALA:1:1
	Base locomotriz		29/04/2024		
<b>Peso (kg)</b>	Nombre del plano		Nº Piezas	Nº Plano	Nombre de la autora
<b>Tolerancias generales (mm):</b>	Conjunto motor		-	C2	Elena García Canet
<b>Lineales</b>	± 1		<b>Proyecto</b> Proyecto de diseño mecánico, control de posición y análisis cinemático de un prototipo de robot móvil diferencial para la resolución de retos en el concurso Eurobot.		
<b>Angulares</b>	± 2				
<b>Entre pasadores</b>	± 0,5				
					UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI



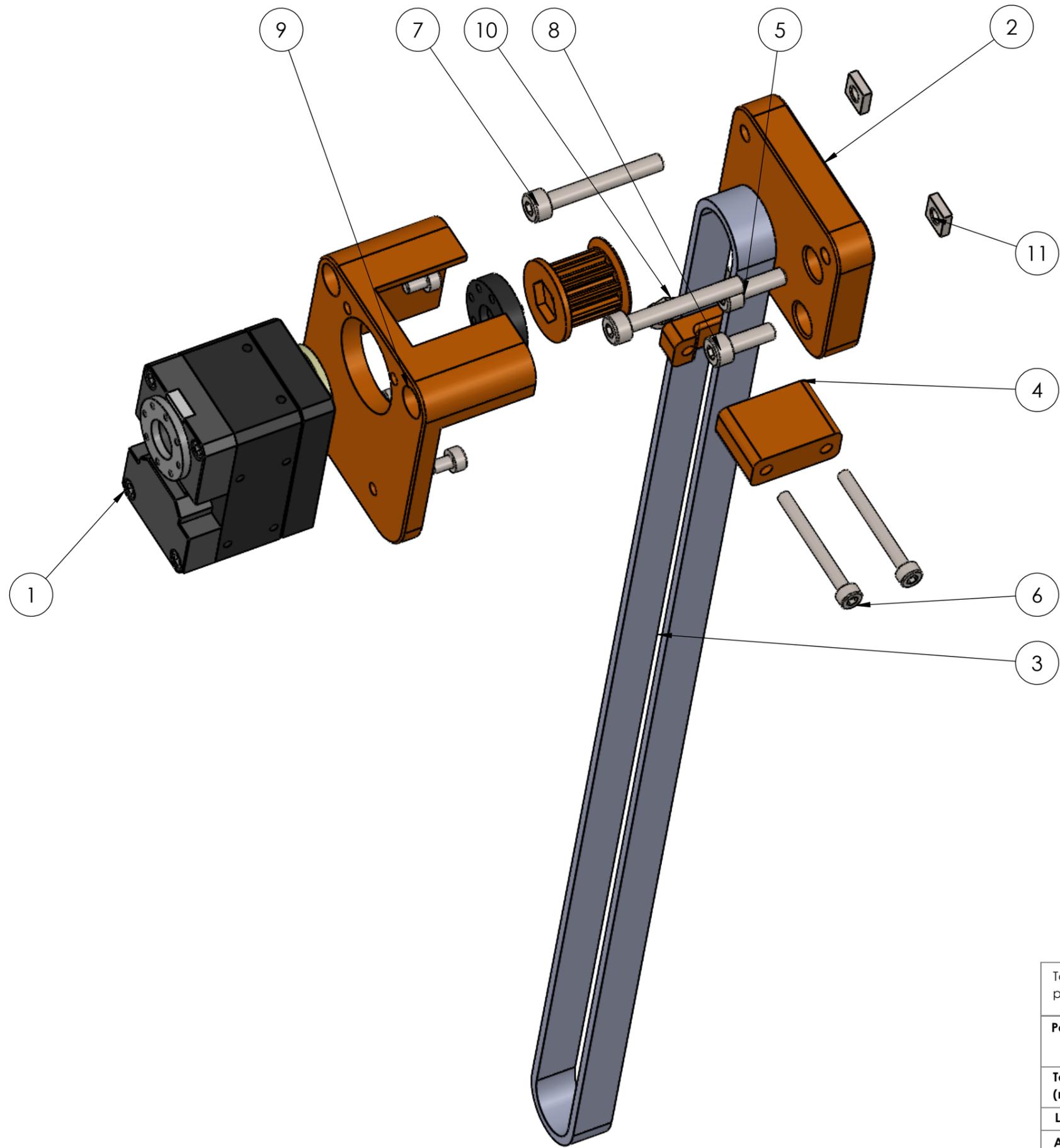
Nº. ITEM	PART NUMBER	CANT.
1	Bola loca	1
2	Soporte Bola Loca	1
3	DIN EN ISO 7047 - M2.5 x 8 - Z - 8N	2
4	EN ISO 4762 M4 x 12 - 12N	1
5	Hexagon Thin Nut ISO 4035 - M3 - N	2

Todos los agujeros son pasantes	<b>Material</b> Varios	<b>FECHA</b> 29/04/2024		A4 ESCALA:2:1
<b>Peso (kg)</b>	Nombre del plano Conjunto bola de apoyo	Nº Piezas -	Nº Plano C3	Nombre de la autora Elena García Canet
<b>Tolerancias generales (mm):</b>	<b>Proyecto</b> Proyecto de diseño mecánico, control de posición y análisis cinemático de un prototipo de robot móvil diferencial para la resolución de retos en el concurso Eurobot.			
<b>Lineales</b> ± 1			UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	
<b>Angulares</b> ± 2			CAMPUS D'ALCOI	
<b>Entre pasadores</b> ± 0,5				



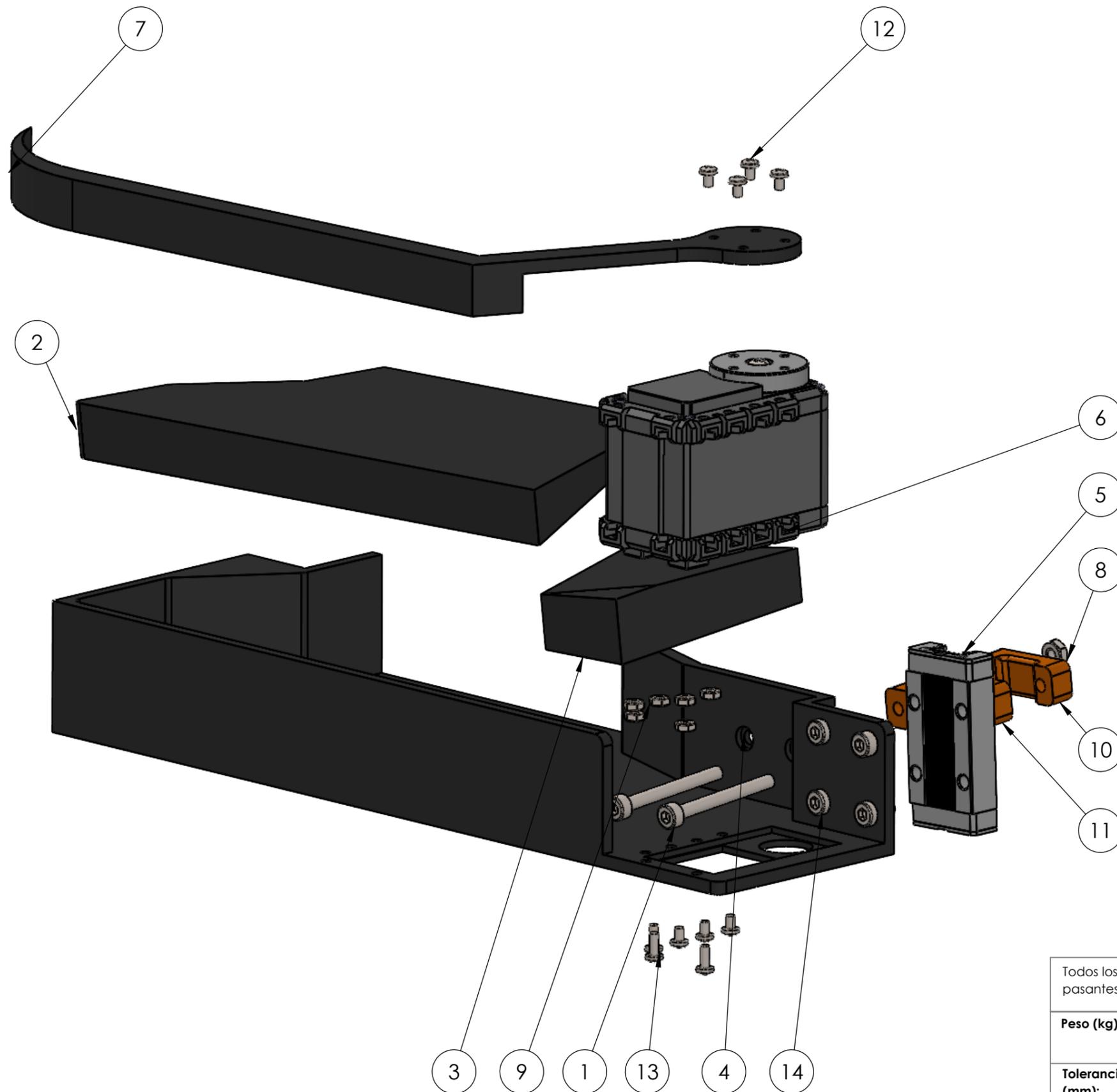
Nº ITEM	NOMBRE	CANT.
1	soporte inferior 1	1
2	soporte inferior 2	1
3	Square nut DIN 562 M4 - N	2
4	Square nut DIN 562 M3 - N	1
5	EN ISO 4762 M4 x 12 - 12N	2
6	EN ISO 4762 M4 x 25 - 20N	2
7	EN ISO 4762 M3 x 40 - 18C	1
8	ensam_polea_inferior	1

	Conjunto superior	FECHA			A4
	Parte elevadora	29/04/2024			ESCALA:1:1
Nº referencia fabricante	Nombre del plano	Nº Piezas	Nº Plano	Nombre de la autora	
Tolerancias generales (mm):	Conjunto inferior	-	C4	Elena García Canet	
Lineales ± 1	Proyecto		 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI		
Angulares ± 2	Proyecto de diseño mecánico, control de posición y análisis cinemático de un prototipo de robot móvil diferencial para la resolución de retos en el concurso Eurobot.				
Entre pasadores ± 0,5					



Nº. ITEM	NOMBRE	CANT.
1	ensam_XM430	1
2	soporte superior 2	1
3	correa	1
4	Eganche 1	1
5	Eganche 2	1
6	EN ISO 4762 M3 x 30 - 18N	2
7	EN ISO 4762 M4 x 30 - 20N	2
8	EN ISO 4762 M4 x 12 - 12N	2
9	EN ISO 4762 M3 x 5 - 5N	4
10	DIN 929-M3-N	2
11	Square nut DIN 562 M4 -N	2

Todos los agujeros son pasantes	<b>Material</b> Acilonitrilo butadieno estireno (ABS)	<b>FECHA</b> 29/04/2024		 A3 ESCALA:1:1
	<b>Peso (kg)</b>	Nombre del plano	Nº Piezas -	
<b>Tolerancias generales (mm):</b>	<b>Proyecto</b> Proyecto de diseño mecánico, control de posición y análisis cinemático de un prototipo de robot móvil diferencial para la resolución de retos en el concurso Eurobot.			 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI
<b>Lineales</b>	± 1			
<b>Angulares</b>	± 2			
<b>Entre pasadores</b>	± 0,5			



Nº. ITEM	NOMBRE	CANT.
1	DIN 912 M3 x 30 --- 18N	2
2	Rampa 1	1
3	Rampa 2	1
4	Garra	1
5	Patín RS PRO 1766665	1
6	DYNAMIXEL AX-12	1
7	Garra	1
8	Hexagon Nut ISO 4032 - M3 - W - N	1
9	Hexagon Nut ISO 4032 - M2 - W - N	6
10	Enganche 2	1
11	Enganche 1	1
12	DIN EN ISO 7045 - M2 x 3 - Z - 3N	7
13	pan head cross recess screw_din	3
14	EN ISO 4762 M3 x 6 - 6N	4

Todos los agujeros son pasantes	<b>Material</b>	<b>FECHA</b>		A3 ESCALA:1:1
	Varios	29/04/2024		
<b>Peso (kg)</b>	Nombre del plano	Nº Piezas	Nº Plano	Nombre de la autora
	Conjunto caja	-	C6	Elena García Canet
<b>Tolerancias generales (mm):</b>	<b>Proyecto</b>			 <b>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA</b> CAMPUS D'ALCOI
<b>Lineales</b>	Proyecto de diseño mecánico, control de posición y análisis cinemático de un prototipo de robot móvil diferencial para la resolución de retos en el concurso Eurobot.			
<b>Angulares</b>				
<b>Entre pasadores</b>				