

E.T.S. de Ingeniería Industrial,  
Informática y de Telecomunicación

# Diseño de herramienta robótica para línea de empaquetado automático



Grado en Ingeniería en Diseño Mecánico

Trabajo Fin de Grado

Javier Agorreta Calvo

Juan Ignacio Latorre Biel

Tudela, 6 de Junio de 2023

upna

Universidad Pública de Navarra  
Nafarroako Unibertsitate Publikoa

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a la UPNA y a todo su personal por los conocimientos que me han sido transmitidos, especialmente al Dr. Ignacio Latorre Biel, por supervisar y guiar este TFG.

Agradecer también a mi familia, por los años de constante apoyo y motivación interminable, en especial a mis sobrinos Ekai y Adei a quienes espero que inspire este trabajo en un futuro y que sigan dándonos tan buenos momentos.

Y una última mención más, a mis amigos más próximos por aguantarme y motivarme a superarme cada día, este verano os invitare a unas copas que las tenéis bien merecidas 😊



## **RESUMEN**

En la actualidad las compras telemáticas están aumentando de manera continua algo que afecta a los supermercados que reciben solicitudes para hacer entregas a domicilio. Debido a la escasez de personal y la necesidad de proporcionar un servicio rápido y sin errores se deduce el interés de implementar una solución automatizada a la preparación de los pedidos.

En este trabajo de fin de Grado se pretende diseñar un elemento clave en un sistema de empaquetamiento automatizado; como es una herramienta polivalente capaz de manipular productos de diversas características (tamaño, forma, geometría, fragilidad...) el trabajo se centrará en el diseño mecánico de la herramienta y su integración en el sistema automático de empaquetado.

## **PALABRAS CLAVE**

*Pick and Place, robotica, gripper, estación de embolsado*

# INDICE

1. CONTEXTUALIZACIÓN.....	6
2. PLANTEAMIENTO Y JUSTIFICACIÓN DE LA NECESIDAD .....	8
3. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y OBJETIVOS.....	10
4. ANÁLISIS DE LAS ALTERNATIVAS .....	11
4.1 SISTEMAS DE EMPAQUETAMIENTO AUTOMÁTICOS:.....	11
4.2 SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO AUTOMÁTICOS: .....	12
4.3 ACTIVIDADES INDUSTRIALES DE MANIPULACIÓN (PICK AND PLACE):.....	13
4.4 DISEÑOS DE GARRAS DE BRAZOS ROBÓTICOS:.....	13
5. DISEÑO DE LA ESTACIÓN DE EMPAQUETADO .....	15
6. BUSQUEDA Y CATEGORIZACIÓN DE TECNOLOGIAS PARA APLICACIONES DE “GRIPPING” .....	18
6.1 TABLA COMPARATIVA DE GARRAS ROBÓTICAS O “GRIPPERS”	28
7. DISEÑO DE LA HERRAMIENTA ROBÓTICA PARA LA UNIDAD DE EMPAQUETADO .....	29
7.1 BOCETOS INICIALES Y BRAINSTORMING:.....	29
7.1.1 DISEÑOS PREVIOS DE GARRA PARA BANDEJAS: .....	29
7.1.2 PRIMEROS DISEÑOS DE GARRAS PARA BOTELLAS, BOTELLINES Y BOTES DE DETERGENTE: .....	32
7.1.3 PRIMEROS DISEÑOS DE GARRAS PARA MALLAS:.....	33
7.1.4 GARRA PARA CAJAS DE CARTÓN O PLÁSTICO: .....	36
7.2 SÍNTESIS DEL PROCESO DE BRAINSTORMING Y LOS PRIMEROS BOCETOS FUNCIONALES:.....	37
7.3 CÁLCULOS Y PREDISEÑO DE LOS ELEMENTOS: .....	40
7.4 DISEÑO DE LA MORDAZA PARALELA:.....	43
7.4.1 ENGRANAJE Y CREMALLERAS:.....	43
7.4.2 PLACA SOPORTE: .....	47
7.4.3 CORREDERA DE LA MORDAZA PARALELA: .....	49
7.4.4 SOPORTES CORREDEROS: .....	50
7.4.5 CONECTOR DE LA CREMALLERA SUPERIOR CON EL DESLIZADOR: .....	52
7.4.6 CARCASA MORDAZA: .....	52
7.4.7 GARRAS DEFORMABLES: .....	54

7.4.8	ENSAMBLAJE DEL MECANISMO DE LA GARRA DE APERTURA PARALELA:	56
7.5	DISEÑO DE LA GARRA PARA BOLSAS:	57
7.5.1	MODIFICACIÓN EN LOS DESLIZADORES:	58
7.5.2	VARILLAS DE UNIÓN:	59
7.5.3	CUERPO DE LAS GARRAS PARA BOLSAS:	60
7.5.4	DISEÑO DE LAS GARRAS:	60
7.5.5	ENSAMBLAJE DE LOS COMPONENTES CON EL MECANISMO EXISTENTE:	61
7.5.6	MEJORA DEL MECANISMO:	62
7.6	DISEÑO DE LA CARCASA:	65
7.6.1	CARCASA INFERIOR/BRIDA DE UNIÓN:	65
7.6.2	CARCASA SUPERIOR:	67
7.7	MONTAJE COMPLETO Y RESULTADO FINAL:	68
8.	ELECCIÓN DE MATERIALES:	69
8.1	ACERO AISI 1050:	69
8.2	ACERO AISI 1020:	70
8.3	POLÍMERO ABS:	71
8.4	POLÍMERO SINTÉTICO DE CAUCHO:	73
9.	PROCESOS DE FABRICACIÓN:	74
9.1	FABRICACIÓN DEL ENGRANAJE:	74
9.2	FABRICACIÓN DE LAS CREMALLERAS:	74
9.3	FABRICACIÓN DE LA CORREDERA:	74
9.4	FABRICACIÓN DE LOS DESLIZADORES:	74
9.5	FABRICACIÓN DE LOS BRAZOS:	75
9.6	FABRICACIÓN DEL CUERPO PRINCIPAL DE LA GARRA PARA BOLSAS:	75
9.7	FABRICACIÓN DE LAS GARRAS DE PINZAS PARALELAS:	75
9.8	FABRICACIÓN DE LAS GARRAS DEFORMABLES:	75
9.9	FABRICACIÓN DE LA PLACA SOPORTE:	76
9.10	FABRICACIÓN DE LA CARCASA MORDAZA:	76
9.11	FABRICACIÓN CARCASA INFERIOR:	76
9.12	FABRICACIÓN DE LA CARCASA SUPERIOR:	76

9.13	FABRICACIÓN DEL CONECTOR CREMALLERA SUPERIOR CON DESLIZADOR:.....	77
10.	PRESUPUESTO: .....	78
11.	COMPROBACIÓN DE ESPECIFICACIONES:.....	79
11.1	ESPECIFICACIONES DE LA UNIDAD DE EMPAQUETADO: .....	79
11.2	ESPECIFICACIONES DE LA HERRAMIENTA:.....	80
12.	CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS:.....	82
12.1	LÍNEAS FUTURAS: .....	82
13.	BIBLIOGRAFÍA.....	83
ANEXO I: BRAZO ROBÓTICO		
ANEXO II: FICHA DEL MOTOR		
ANEXO III: PLANOS		

## ÍNDICE DE IMÁGENES:

Imagen 1: Aumento de las ventas online con el paso de los años .....	7
Imagen 2 Sistema de empaquetado automático .....	11
Imagen 3 Almacenamiento Automático .....	12
Imagen 4: Diferentes modelos de herramientas para coger objetos (garras 2 dedos, garras 4 dedos, ventosa) .....	14
Imagen 5: fotografía del robot KUKA KR16 R2010-2 .....	15
Imagen 6: Ejemplo de vallado de protección de la estación de empaquetado .	16
Imagen 7 Croquis del layour de la unidad de empaquetado .....	17
Imagen 8 Garra de dos mordazas de apertura radial .....	19
Imagen 9 Pinza de dos garras paralelas .....	20
Imagen 10 Garra adaptativa cogiendo un objeto (dedos deformados para adaptarse al sólido) .....	20
Imagen 11 Diferentes tipos de garras de soft grip .....	21
Imagen 12 Garras de tres mordazas .....	21
Imagen 13 Garras de tres mordazas de movimiento paralelo .....	22
Imagen 14 Pinza de agarre por atasco granular (jamming of granular material) .....	23
Imagen 15 Esquema del funcionamiento de las garras de atasco molecular (D) y grafica de fuerza en función del solido que agarre (E) .....	23
Imagen 16 Pinza de ventosas de vacío .....	24
Imagen 17 Garra de Mandril .....	25
Imagen 18 Garra de junta tórica .....	25
Imagen 19 Pinza de agujas .....	26
Imagen 20 Ejemplo de garra electromagnética .....	26
Imagen 21 Pinza de Fuerza electrostática, antes de coger el objeto (izquierda) y después de agarrar el objeto (derecha) .....	27
Imagen 22 Envase de carne en bandeja de plástico y croquis de sección de bandeja de poliestireno/plástico .....	30
Imagen 23 Croquis de Garra Paralela de garras deformables para bandejas .	30
Imagen 24 esquema de agarre de las garras deformables en las bandejas ....	31
Imagen 25 Croquis de garras de apertura paralela con garras rígidas y ranuradas para bandejas .....	31
Imagen 26 Boceto pinza de 3 garras para botellas .....	32
Imagen 27 Boceto de garras deformables para botellas .....	33
Imagen 28 Boceto garra para mallas tipo "gancho" .....	34
Imagen 29 Boceto de garra para mallas en forma de mandril .....	34
Imagen 30 Boceto de garra para mallas tipo "cerrojo" .....	35
Imagen 31 Bocetos de garras para cajas (apertura paralela y de pinza) .....	36
Imagen 32 Primer boceto funcional de la garra de apertura paralela basado en ruedas dentadas y cadenas .....	38



Imagen 33 Boceto funcional del mecanismo empleado en la garra de apertura paralela basado en piñón cremallera .....	39
Imagen 34 Esquema de esfuerzos/reacciones de un sólido al levantarlo con la garra .....	41
Imagen 35 Cuerpo base del engranaje .....	43
Imagen 36 tallado del dentado del engranaje .....	44
Imagen 37 Engranaje helicoidal terminado .....	44
Imagen 38 Boceto ide partida de la cremallera .....	44
Imagen 39 Cuerpo inicial de la corredera .....	45
Imagen 40 Guías de las cremalleras .....	45
Imagen 41 Saliente conector de cremallera con correderas de la garra (sin roscar) .....	46
Imagen 42 Cremallera terminada (frontal).....	46
Imagen 43 cremallera terminada (parte posterior) .....	46
Imagen 44 Esquema orientativo de la placa soporte (diseño no correspondiente al definitivo) .....	47
Imagen 45 Cuerpo de la Placa soporte .....	47
Imagen 46 Guías Placa soporte .....	48
Imagen 47 Placa soporte terminada.....	48
Imagen 48 Croquis de la corredera .....	49
Imagen 49 Corredera de la garra de apertura paralela .....	49
Imagen 50 Boceto preliminar de los deslizadores .....	50
Imagen 51 Cuerpo de la corredera (sin modificar) .....	51
Imagen 52 Base del deslizador (ranura de acople con los dedos de la garra) .	51
Imagen 53 Imagen del conector cremallera superior deslizador .....	52
Imagen 54 Boceto de la Carcasa Mordaza .....	52
Imagen 55 Comienzo del diseño de la carcasa mordaza.....	53
Imagen 56 saliente de la carcasa mordaza donde sujeta la corredera .....	53
Imagen 57 Carcasa mordaza completada.....	54
Imagen 58 Vástago de unión de la garra con los deslizadores .....	54
Imagen 59 Garra deformable al completo .....	55
Imagen 60 Mecanismo ensamblado Garra paralela (abierto) .....	56
Imagen 61 Mecanismo ensamblado Garra paralela (cerrado) .....	56
Imagen 62 Boceto de la idea de una garra para mallas con mecanismo de cerrojo .....	57
Imagen 63 boceto de proporciones de la garra para bolsas .....	57
Imagen 64 Bocetos del pre diseño de la garra para bolsas (morfología izquierda y disposición derecha).....	58
Imagen 65 Modificación en los deslizadores .....	59
Imagen 66 Imagen de las varillas de unión garras de bolsas con deslizadores	59
Imagen 67 Cuerpo principal de la garra para bolsas.....	60
Imagen 68 Garras principales de la garra para bolsas.....	60
Imagen 69 Mecanismos completos de la herramienta robótica (vista isométrica y cerrado) .....	61

Imagen 70 Mecanismo completo de la herramienta robótica (vista cenital mientras se abre) .....	62
Imagen 71 Brazos modificados .....	63
Imagen 72 Mecanismos herramienta definitivo (vista frontal, cerrado) .....	63
Imagen 73 Mecanismos herramienta robótica definitivo (vista isométrica, en apertura).....	64
Imagen 74Mecanismos herramienta robótica definitivo (vista frontal, máximo recorrido).....	64
Imagen 75 Brida de acople con el robot (dado por el fabricante).....	65
Imagen 76 Resultado de la carcasa inferior (vista isométrica) .....	66
Imagen 77 Carcasa inferior (vista lateral).....	66
Imagen 78 Carcasa superior de la herramienta .....	67
Imagen 79 imagen del conjunto completo con su estética .....	68
Imagen 80 Componentes realizados en AISI 1050 .....	70
Imagen 81 Partes realizadas en acero AISI 1020 .....	71
Imagen 82 Estructura del ABS .....	71
Imagen 83Partes realizadas en ABS.....	72
Imagen 84 Componentes fabricados en Caucho-butadieno .....	73

# 1. CONTEXTUALIZACIÓN

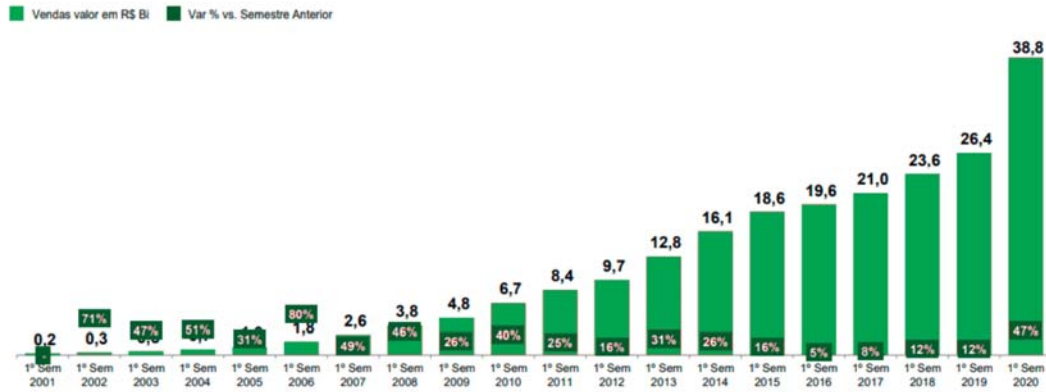
Hoy en día, el mundo de la robótica industrial ha avanzado mucho; el auge de estas tecnologías ha posibilitado la implementación de diversas aplicaciones para la resolución de problemas en el ámbito industrial. Debido a que los precios de los robots industriales y más concretamente de los brazos robóticos, se han abaratado notablemente en la última década, no es de extrañar que el empleo de la robótica industrial se haya extendido a otros ámbitos de diferentes al industrial, este hecho, unido al desarrollo de nuevas tecnologías como la inteligencia digital, los autómatas de última generación, las comunicaciones vía internet y la instrumentación altamente avanzada, permiten satisfacer necesidades muy diversas, lo cual ha ayudado a la proliferación del uso de robots industriales en diferentes sectores.

Uno de los principales motivos por el cual se instala un robot, sea en el ámbito que sea, es el de realizar tareas repetitivas, pues si bien pueden realizarse por el ser humano, los robots industriales son capaces de realizar la tarea sin que aparezcan fallos debido a la monotonía de la actividad (al contrario que en el ser humano). Otro motivo fundamental para la implementación de robots es con motivo de la automatización de tareas, es decir, ser capaces de reproducir unas acciones de manera automática, pues a los robots podemos disponerlos junto a sistemas de sensores, PLC programables y los sistemas informáticos de control que dominen las acciones del robot, podemos desarrollar tareas de forma automática, lo cual puede llegar a ahorrar mucho tiempo al factor humano, que de otro modo, debiera ser empleado en la realización de esta actividad.

Por otro lado, tenemos que observar ciertos cambios en las costumbres de la sociedad, en la cual, en estos tiempos actuales, existen costumbres muy diferentes a las que se realizaba anteriormente, costumbres como las de los envíos a domicilio de casi cualquier producto existente, como la venta telemática de cualquier cosa, nos permite adquirir casi cualquier cosa que deseemos o necesitemos y que esta sea enviada a nuestra casa, sin necesidad alguna de desplazarnos a recoger nuestro artículo. Además, en la actualidad, las jornadas laborales ocupan la mitad del tiempo de una persona y como en una familia, generalmente, casi todos los miembros poseen ocupaciones profesionales o estudiantiles provoca que no se le pueda disponer de exclusividad completa a las labores del hogar, por lo que estas deberán realizarse fuera del periodo lectivo; esto provoca que existan actividades cotidianas, como recoger la colada, o hacer la compra en el supermercado, estén sufriendo adaptaciones a nuestros horarios y costumbres, por lo que cada vez es más frecuente que los supermercados, preparen productos elegidos por el cliente telemáticamente para que estos sean enviados al

domicilio de dicho cliente, motivo entre otros por el cual cada vez es más frecuente que los supermercados posean servicios de reparto a domicilio.

## Recorde de Faturamento: 20 anos de E-commerce



Fonte: Ebit | Nielsen. Webshoppers 42



**Imagen 1: Aumento de las ventas online con el paso de los años**

Estos productos que son enviados a domicilio por los supermercados, deben de ser preparados para poder ser transportados, así como también deben de adecuarse los productos de las compras que se deban de recoger en el supermercado. Para este tipo de preparaciones, generalmente son los empleados del supermercado los encargados en embolsar los productos y depositarlos en los correspondientes cajones de transporte, lo cual es una tarea repetitiva, monótona y que además consume gran parte del tiempo de los empleados. Es por ello que este trabajo tratará de buscar una solución por medio de la robotización a esta actividad cada vez más común en los supermercados.

## 2. PLANTEAMIENTO Y JUSTIFICACIÓN DE LA NECESIDAD

Como ya se ha mencionado en el apartado anterior, actualmente la demanda de pedidos a domicilio y el escaso tiempo libre de la gente han propiciado unas condiciones en las cuales los supermercados se han visto en la necesidad de ofertar el servicio de envío de las compras a domicilio, así como de la disposición de la comprar en modo “*take and go*” (llegar y llevarse la comprar preparada a casa); estos dos estilos de venta, conllevan en ambos casos el embolsado y empaquetado de los productos para poder ser transportados a casa de los clientes o por los propios clientes.

Estos empaquetados de productos, se hacen generalmente por el personal de reposición y/o por las cajeras del supermercado, quienes deben emplear parte de su tiempo de la jornada a realizar estas actividades. Estas actividades son además actividades muy repetitivas, monótonas y propensas a error, además de necesitar un cierto tiempo para poder ser realizadas; es por ello, que tenemos la necesidad de automatizar este proceso, de tal forma que, una vez se tenga el carrito de la comprar preparado (bien porque lo haya preparado el cliente, o bien porque lo haya preparado algún empleado) este se coloque en un lugar y un brazo robótico, equipado de los elementos necesarios tales como garras, básculas, sensores, etc. sea capaz de tomar los productos del carro y empaquetarlos según el peso de los productos y las capacidades de las bolsas y a su vez, introducir estas bolsas con la comprar en cajones de transporte para poder enviarlos a casa del cliente o para ser presentados ante este para su recogida en el local. Además, mediante un sistema de alimentación de carros a la estación empaquetadora, podemos mantener de forma ininterrumpida esta actividad de acondicionamiento de los productos para su reparto a domicilio, de modo que nos permita trabajar fuera del horario laboral y a la vez mantener preparados los pedidos para la jornada próxima; este tipo de funcionamiento continuo de nuestra estación de empaquetado nos permitiría amortizar el coste de la instalación en un periodo de tiempo menor además de una notoria reducción en los tiempos de entrega de los pedidos.

Con estas medidas, pretendemos ahorrar tiempo de trabajo al personal del supermercado además de evitarles el tener que realizar una tarea monótona y repetitiva, tareas que actualmente se tienen que realizar cada vez más a menudo y en el futuro se prevé que aumenten la demanda de estas actividades; este sistema de empaquetamiento servirá a su vez como modelo de ensayo para la futura disposición de brazos robóticos en cajas (con robots colaborativos) que faciliten las labores de embolsado a los clientes.

En este proyecto, se detallarán de forma esquematizada los elementos necesarios para la creación de esta unidad de empaquetamiento y se profundizará en el diseño de las garras con las cuales se equipará a los brazos robóticos para la realización de esta tarea, equipamiento imprescindible para poder desempeñar correctamente el funcionamiento de la unidad de trabajo.

### 3. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y OBJETIVOS

El diseño general de la unidad de empaquetado debe cumplir que:

- El coste de la instalación de la línea, incluyendo el brazo robótico, el utillaje para colocar y asegurar los carritos, sistema de evacuación de los paquetes terminados, accesorios del brazo robótico (como las garras) y protecciones necesarias, no superen un importe mayor a 250.000 €.
- Toda la instalación de la unidad de empaquetado deberá de emplear únicamente energía eléctrica, la cual podrá ser de un voltaje máximo de 400V, siendo preferible el empleo de un voltaje de 230V (evitar montar instalaciones trifásicas si fuese posible).
- El brazo robótico deberá de tener capacidad de carga de 10kg.
- Tras las operaciones de empaquetado, las bolsas con los productos deben de acabar todo empaquetado en un cajón para transporte que pueda ser cargado fácilmente por el personal del supermercado empleando para ello una pala cargadora.
- Se debe de cumplir la Ley de prevención de Riesgos Laborables y el RD 485/1997 de Señalización.

En cuanto al diseño de la garra que portará el brazo robótico de la unidad de empaquetamiento, deberá de cumplir que:

- El coste total de fabricación de la garra no deberá de ser superior a 2500€.
- Debe de ser capaz de agarrar cualquier tipo de producto que se venda en un supermercado (botes de productos de limpieza, frutas, alimentos envasados, envases de otros bienes de consumo, etc).
- Deberá de ser capaz de aguantar los esfuerzos de carga de 10kg.
- Deberá de funcionar íntegramente con energía eléctrica (todos los actuadores que posea esta garra).
- Debe de ser capaz de ajustar la fuerza de agarre para coger tanto objetos delicados como objetos de peso elevado.
- Deberá de estar realizada en materiales que cumplan con la normativa sanitaria en cuanto a la manipulación de alimentos (Reglamento CE 852/2004 y RD 109/2010).

## 4. ANÁLISIS DE LAS ALTERNATIVAS

En este apartado vamos a tratar algunas posibles alternativas a nuestra unidad de empaquetado de carros robotizada así como veremos algunas alternativas en cuanto a los componentes de las garras que emplearán los brazos robóticos para empaquetar los productos.

### 4.1 SISTEMAS DE EMPAQUETAMIENTO AUTOMÁTICOS:

Actualmente existen sistemas automáticos capaces de realizar las labores de empaquetado y embalaje; estos sistemas, generalmente son dispuestos al final de una línea productiva de un producto (muy empleado en componentes de automoción, forjados en frío o en la racordería), las cuales van introduciendo de manera secuencial productos ya finalizados dentro de una caja, de manera ordenada. Suelen contar con estaciones de pesaje, además de con elementos para sellar y contar piezas, pueden operar con contenedores (cajas) de diferentes materiales, tales como plástico, cartón o madera. Estos sistemas son alimentados generalmente por bien o una tolva por la que precipita el producto a envasar, o bien por una línea de producción, empaquetándose así varios productos de un mismo tipo, pues estas líneas deben estar regladas y ajustadas a las medidas y características del producto. (1)

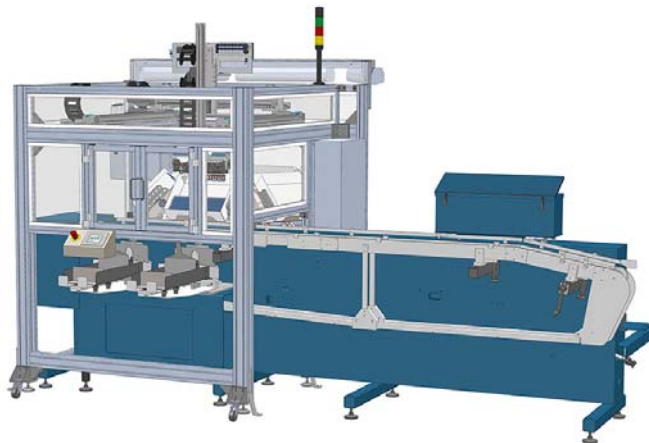


Imagen 2 Sistema de empaquetado automático

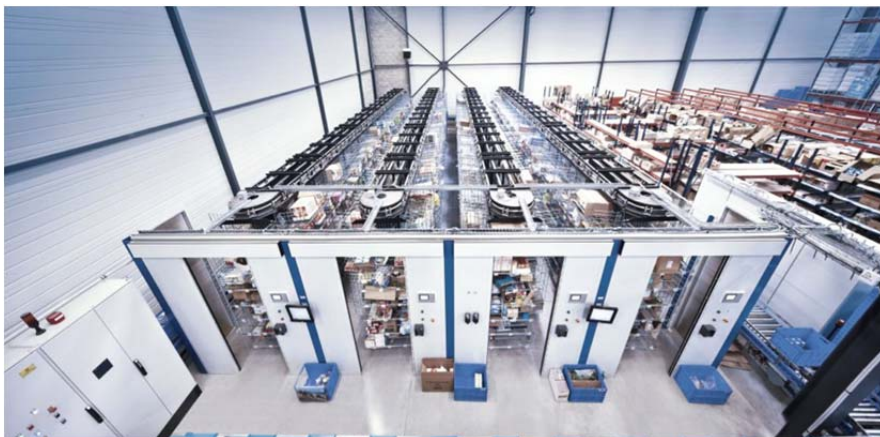
Si bien estos sistemas permiten empaquetar productos a una gran velocidad, tiene principalmente dos tipos de problemas, el primero es que este tipo de sistemas están pensados para empaquetar un producto concreto innumerables veces, por lo que cuando se presenta el momento de empaquetar dos



productos distintos, deben realizarse unos reglajes y adaptaciones de la estación de empaquetamiento para adaptarse al producto que se pretenda envasar, por lo cual, no están diseñadas para empaquetar múltiples productos de distintas características (pesos, dimensiones, densidades...) de manera simultánea, siendo este tipo de empaquetado el más probable que se deberá realizar en las estaciones de empaquetado propuestas en este trabajo. Por otro lado, estos sistemas de empaquetamiento, son máquinas de grandes dimensiones que además requieren de un sistema de abastecimiento continuo como es una tolva o una cinta transportadora, por lo que no encajaría del todo esta solución a nuestro problema, pues en esencia, debemos de mover los productos de un contenedor (el carrito de la compra) a otro mientras estos son embolsados en el traspaso.

## **4.2 SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO AUTOMÁTICOS:**

Una alternativa a nuestro problema podrían ser los almacenes automatizados; estos almacenes se componen de unos carros satélites automáticos controlados mediante software de control y estanterías de paletización dispuestas desde una altura del suelo hasta la altura total de la nave. Este tipo de almacenes son empleados siempre que se requiera de realizar un gran número de tareas sin intervención humana en el proceso, son almacenes que aprovechan al máximo el espacio, con muy poco personal (en ocasiones incluso sin personal), muy poco dado a errores de gestión y con los productos muy visibles. Estos tipos de almacenes requieren a su vez de unas máquinas AS y RS que son las encargadas de cargar y descargar las mercancías y generalmente son acompañados de unas estaciones de embalaje (donde suelen trabajar personas y no máquinas). (2)



**Imagen 3 Almacenamiento Automático**

Esta alternativa de almacenes automáticos no es adecuada para nuestro caso ya que, por un lado requeriría de un gran espacio de almacenaje, accesible

sólo y únicamente a las máquinas cargadoras, ya que si estuviesen presentes clientes, se podrían producir accidentes con las interacciones humano-máquina, lo cual obligaría a duplicar el tamaño del supermercado (una zona de almacenaje automático y una zona con los mismos productos para la compra física de los clientes); además este tipo de almacenes son muy costosos de instalar, conllevan gran gasto energético y además, sería muy probable que no solucionase el problema del empaquetado de la compra (por lo que deberías de seguir montando una estación de empaquetado automática semejante a la que se propone en este proyecto). No obstante, este tipo de soluciones podrían ser viables junto a una unidad de empaquetado automático en el caso de ser un negocio de supermercado online (solo ventas telemáticas).

### **4.3 ACTIVIDADES INDUSTRIALES DE MANIPULACIÓN (PICK AND PLACE):**

Las actividades de Pick and Place (traducido literalmente del inglés, “Coger y Dejar”) son todas las actividades logísticas de la industria que tienen que ver con el hecho de coger un producto y depositarlo en otro lado; son actividades que aunque bien realizadas, no aportan ningún valor al producto, pero si son mal ejecutadas, estas afectan de manera catastrófica a nuestro producto. Entre este tipo de actividades destacan el picking de almacenes, operaciones de envasado, enfardado, sistemas de clasificación de piezas, sistemas de retirada de piezas defectuosas, etc. En tiempos anteriores a la automatización estas actividades eran realizadas por los operarios, pero debido a los problemas asociados a la monotonía del trabajo y a los problemas dorso lumbares por mover piezas de elevado peso se han ido automatizando cada vez más este tipo de acciones. Estas acciones son automatizadas por medio de brazos robóticos o sistemas articulados entre otros y suelen estar apoyados por tecnologías de control como cámaras de visualización digital, sensores, sensórica de redes neuronales o incluso inteligencia artificial. (3)

Este tipo de alternativa será clave en nuestra célula de embolsado y empaquetamiento, por lo que estudiaremos como son, de que se componen y cómo funcionan estos sistemas, para poder realizar una implantación similar en nuestra instalación.

### **4.4 DISEÑOS DE GARRAS DE BRAZOS ROBÓTICOS:**

Actualmente, con el auge de la robótica los brazos robóticos realizan cada vez más diversas tareas, en función de qué tipo de tarea tengan que desarrollar,

emplearán un tipo de herramienta u otra, siendo la herramienta más común en estos brazos robóticos las empleadas para coger cosas. A esta herramienta con la finalidad de coger cosas se le denomina coloquialmente garra y estas presentan una morfología diversa, existen garras de dos, tres, cuatro o más dedos, especializadas en la captura de objetos con formas muy diversas; por otro lado, también existen herramientas para coger ciertos objetos que están basados en sistemas de ventosas (muy adecuados para coger grandes láminas o cuerpos con superficies planas muy amplias), así como, dependiendo de que vayan a coger, pueden disponer morfologías más adaptadas al cuerpo con el que trabajen.



**Imagen 4: Diferentes modelos de herramientas para coger objetos (garras 2 dedos, garras 4 dedos, ventosa)**

En nuestro proyecto, una parte fundamental será el diseño de una garra capaz de coger cualquier producto que pudiese ser vendido en un supermercado, para lo cual, actualmente no existe una garra con dicha finalidad; aunque una garra con un cierto número de dedos, tenga un agarre muy genérico, puede no ser apta para cargar objetos envasados (como las carnes) o pueden causar daños en las frutas, es por ello que necesitaremos desarrollar unas garras con morfología propicia para el agarre de los productos para ser envasados en nuestra unidad de empaquetado.

## 5. DISEÑO DE LA ESTACIÓN DE EMPAQUETADO

Para el diseño de nuestra línea de empaquetado debemos elegir diferentes equipamientos para que se realice correctamente la función de empaquetado de la célula de empaquetado.

En primer lugar debemos de elegir el robot mediante el cual pasaremos a realizar nuestras labores de empaquetado; para desempeñar dicha tarea se ha optado por un brazo robótico de la marca KUKA modelo KR 16 R2010-2. Este brazo robótico nos permitirá cargar un peso máximo de casi 20 kg (19,2 kg según el fabricante como peso máximo), el doble del peso necesario para nuestras labores de empaquetado, por lo que podemos conformar una herramienta con un cierto peso y que no sea problema el cargar los artículos; además este robot nos permitirá trabajar en un rango alrededor de este de 2m de radio.



Imagen 5: fotografía del robot KUKA KR16 R2010-2

El robot será colocado en el centro de la célula; próximo a él (a una distancia como de medio metro) dispondremos de una plataforma donde se colocará el carro y se mantendrá anclado mientras dure la tarea, al otro lado del robot se encontrarán el dispensador de bolsas automático y a continuación de este se encontrará el cajón donde se cargará las bolsas ya rellenas.

Debido a que el robot elegido no es un robot colaborativo, es necesario, tal como se indica en la Ley de prevención de Riesgos Laborables, la disposición de una zona de seguridad, la cual debe de quedar delimitada por unas barreras protectoras que impidan el paso a la zona de trabajo del brazo robótico; para ello se elegirá un cercado con unas vallas de protección enrejilladas con una puerta para poder introducir dentro de la célula el carro /y retirarlo una vez

finalizado el proceso) y un espacio de salida para el cajón una vez este esté completado.



**Imagen 6: Ejemplo de vallado de protección de la estación de empaquetado**

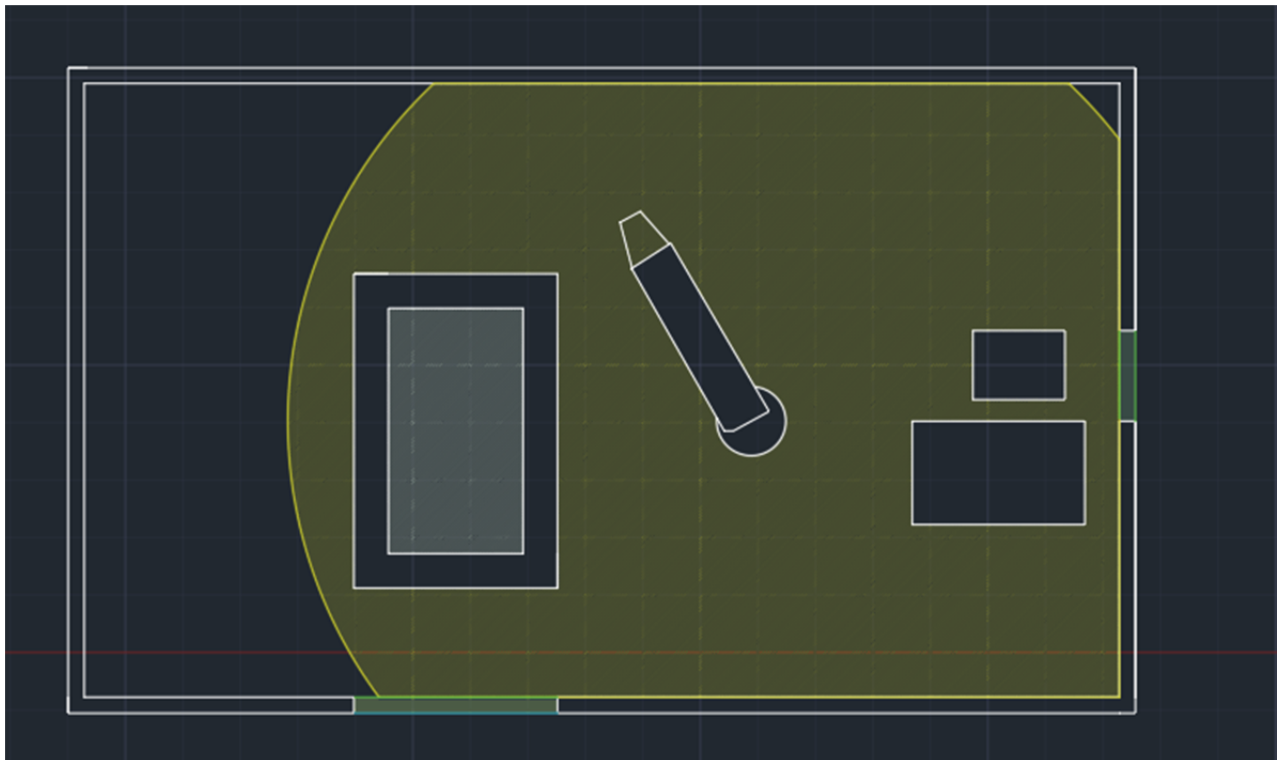
En cuanto al equipamiento de la sensórica de la unidad de embolsado se dispondrá de una cámara web tanto a los laterales del carrito como en la parte superior de este, de manera que puedan ser tomadas imágenes en todo momento de la disposición de los productos en el carro. Para el procesamiento de estas imágenes tomadas por las cámaras, dispondremos de un ordenador con un software basado en la inteligencia artificial, el cual será el encargado de planificar en función de las imágenes que le llegan cuales deberán de ser los movimientos a realizar con el brazo robótico.

Del pc con el programa de control por IA, se dispondrá una salida USB conectada a un autómata, el cual será el encargado de realizar los movimientos propios del brazo robótico. Además se equipará con el reglamentario cuadro de mandos, con todas las protecciones indicadas en el Reglamento Electrotécnico de baja tensión.

Además se instalarán sensores tanto en la plataforma de anclaje del carrito (el cual detectará si está presente el carro para poder iniciar el proceso o no) como sensores de presión en la dispensadora de bolsas automática, para poder controlar cuanto peso se carga en las bolsas y poder colocarlas en el cajón una vez tengan el peso adecuado. También será indispensable colocar un sensor de rayo infrarrojo en toda aquella zona de la célula en la cual se pudiese introducir alguna parte del cuerpo, como la puerta para introducir el carro como la ranura de salida de los cajones, los cuales, en caso de estar funcionando la estación de empaquetado y por algún motivo se introdujese alguna extremidad de algún trabajador o el propio trabajador, la célula se detendría inmediatamente con el fin de evitar un accidente laboral por colisión con el brazo robótico.

Finalmente, aunque en un principio el modo de cobro sería vía online y el precio de los productos sería abonado antes de este empaquetado, quedaría a la mejora de la unidad de empaquetado la implantación de un sistema RIFT para proceder al cobro de los productos, al ser detectados estos cuando son tomados por el brazo robótico y en el momento en el que fuesen a ser introducidos en las bolsas, generando así una factura de la compra just in time que después deberá de ser cobrada al cliente al recoger o entregar el producto.

La disposición de la estación de empaquetado quedará tal como mostramos en la siguiente imagen, donde se puede ver un esquema de la planta de esta estación de empaquetado:



**Imagen 7 Croquis del layour de la unidad de empaquetado**

Como se puede observar en la imagen anterior, la estación de empaquetado está cercada completamente por una valla de seguridad con 2 compuertas (marcadas en color azul-verde) para introducir carros y sacar los cajones; el carro (sombreado en gris) se dispone casi en el centro de la célula sobre la plataforma para sujetar los carros. A menos de 1,5 metros del lateral izquierdo del carrito, se encuentra el brazo robótico, el cual tiene un área de trabajo que abarca casi toda la célula de trabajo (en sombreado amarillo) y a unos 70cm del robot, se encuentra la unidad de embolsado, de donde se llenarán las bolsas y estas serán depositadas después en los cajones de transporte justo delante de esta unidad de embolsado.

## 6. BUSQUEDA Y CATEGORIZACIÓN DE TECNOLOGIAS PARA APLICACIONES DE “GRIPPING”

En este apartado se realizará un estudio más detallado de las tecnologías disponibles en aplicaciones de “gripping” (agarrado de cosas) de los brazos robóticos así como de modelos de garras que nos permitan realizar un diseño adecuado a nuestra garra robótica necesaria para nuestra estación empaquetadora. Entre las diferentes tecnologías para el grip del brazo robótico destacan (4):

- **Pinzas neumáticas:** son todas aquellas pinzas que emplean aire comprimido para abrir y cerrar los dedos o mandíbulas de la garra, estas pinzas suelen ser pequeñas y generalmente no poseen muchos miembros (de 2 o 3 dedos), el agarre que proporcionan es de una fuerza moderada. Su principal ventaja es que son garras baratas y fáciles de fabricar y además permiten agarres con precisión; por contrapartida, este tipo de garras requieren de instalación neumática y su fuerza de agarre es limitada (4).
- **Pinzas de vacío:** Son garras que emplean la fuerza del vacío para levantar y agarrar objetos, generalmente están compuestas de ventosas que contactan con la superficie del objeto y ejercen depresiones de hasta una atmósfera que les permiten levantar objetos de peso considerable. Como ventaja indicar que son pinzas que no generan ningún tipo de daño en los objetos puesto que al levantarlos no existe presión (muy adecuadas para objetos frágiles), aunque cabe destacar en contra que requieren de superficies muy lisas para poder levantar los objetos además de necesitar instalación neumática que genere el vacío en las ventosas (4).
- **Pinzas hidráulicas:** son aquellas que emplean un fluido líquido para ejercer una fuerza capaz de soportar el peso del objeto que se agarre, son las pinzas con mayor fuerza de agarre y las que permiten elevar los objetos más voluminosos con formas no lisas. El empleo de estas pinzas conllevan varios inconvenientes, empezando por la necesidad de tener una instalación hidráulica que es más costosa que la neumática, además de los problemas asociados a este tipo de instalaciones, como las fugas de aceite y que suelen requerir de un gran espacio para la instalación (4).
- **Pinzas eléctricas:** Son pinzas que emplean la energía eléctrica para mover sus mecanismos que mueven los dedos, estas garras proporcionan un agarre bastante fuerte (semejante o incluso mayor que el neumático pero bastante inferior al agarre hidráulico) y son las únicas pinzas que permiten trabajar con un retardo mínimo en las labores de picking, lo que las hace ideales para operaciones de montaje y de



picking desde partes en movimiento. Como ventaja respecto las anteriores destaca la necesidad única de un suministro eléctrico, frente a la necesidad de instalaciones más complejas (como la neumática o la hidráulica) (4).

Si deseamos clasificar las garras según la morfología del agarre, encontraremos garras que pudiendo emplearse con una o más tecnologías distintas (descritas anteriormente), nos permitirán coger de manera más eficiente determinados sólidos según se adapten a la morfología de este. Diferenciaremos los siguientes tipos de garras según la morfología del agarre:

- **Pinzas de dos mordazas:** son la clásica garra en la que encontramos 2 articulaciones (dedos), las cuales realizan el agarre de los objetos gracias al movimiento de pinza de los dedos de la garra, de movimiento semejante a “las pinzas de un cangrejo”; este tipo de garras puede ser hidráulico, neumático o electromecánicas. Son el tipo de garras más sencillo.



Imagen 8 Garra de dos mordazas de apertura radial

- **Pinzas de dos mordazas de movimiento paralelo:** en este tipo de garras, aunque cuentan con dos dedos, estos están dispuestos de tal manera que su movimiento se haga a lo largo de una corredera, por lo que las garras, manteniendo constante su inclinación estas se mueven a lo largo de la corredera tanto como para abrirse como para cerrarse, lo que le confiere a estas garras un mayor rango de agarre (pueden coger objetos más voluminosos). Estas garras deben de presentar un



paralelismos entre la parte interior de los dedos y la superficie del objeto que vayan a coger; pueden ser neumáticas, hidráulicas (donde la corredera puede ser sustituida por pistones) o electromecánicas.



Imagen 9 Pinza de dos garras paralelas

- **Pinzas adaptativas:** Estas son pinzas de dos o más dedos (dependiendo del tipo de agarre) conformadas generalmente en un material blando y flexible, el cual, al cerrarse las mandíbulas de la garra, los dedos de esta se deforman siguiendo el contorno del objeto que estén agarrando, lo que provoca que se realice una fuerza retroalimentada en el agarre (mejora la sujeción) que es capaz de no dañar objetos muy delicados. Son garras impulsadas por medio de sistemas neumáticos o electromecánicos (nunca hidráulicos pues la presión ejercida sería muy elevada y podría dañar el sólido que estuviésemos cogiendo).

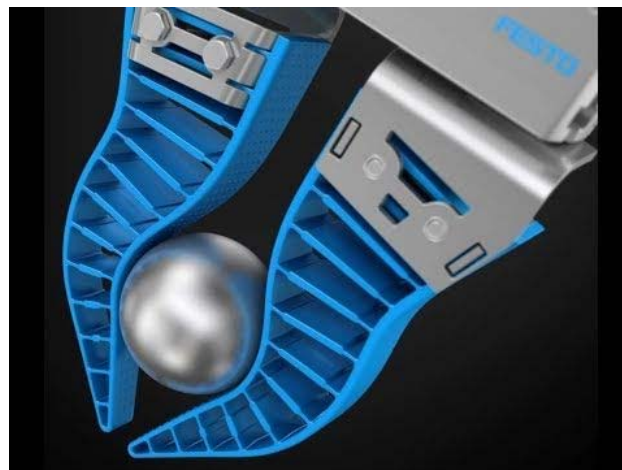


Imagen 10 Garra adaptativa cogiendo un objeto (dedos deformados para adaptarse al sólido)

- **Pinzas de soft grip o agarre blando:** Estas pinzas, semejantes a las pinzas adaptativas, están pensadas para agarrar objetos delicados, están conformadas por o bien un tubo deformable o bien son dedos articulados, que permiten agarrar de manera delicada los objetos; son pinzas que soportan poca carga y se amoldan ligeramente al sólido que agarran. Estas garras suelen ser neumáticas aunque en ocasiones también las hay electromecánicas.

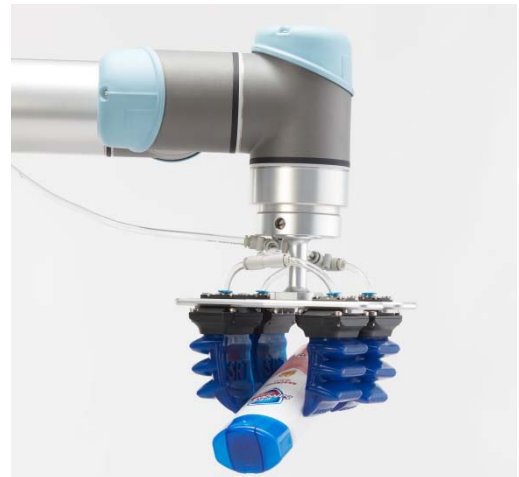


Imagen 11 Diferentes tipos de garras de soft grip

- **Garras de 3 o más mordazas:** Estas garras son semejantes en funcionamiento a las de 2 mordazas, con la salvedad que en el movimiento de pinza están involucradas 3 o más mordazas (según el número de dedos), lo cual favorece el agarre de superficies cilíndricas y esféricas al presentar varios puntos de apoyo en el agarre. Estas garras pueden ser tanto neumáticas, como hidráulicas como electromecánicas.



Imagen 12 Garras de tres mordazas

- **Garras de 3 mordazas de movimiento paralelo:** al igual que en las garras de dos mordazas de movimiento paralelo, estas garras mueven sus articulaciones a lo largo de unas correderas, las cuales, en vez de disponerse en una misma línea recta, se disponen esta vez de manera radial, de forma que las mordazas de la garra puedan realizar un agarre contactando en tres puntos, tiene como ventaja respecto a las que no son de movimiento paralelo que pueden tener mayor amplitud de apertura, lo que les permite sujetar objetos cilíndricos o esféricos de gran tamaño. Estas garras nuevamente pueden ser neumáticas, hidráulicas o electromecánicas.



Imagen 13 Garras de tres mordazas de movimiento paralelo

- **Garras de atasco granular (garras universales):** este tipo de garras se componen de una esfera de goma rellena de pequeños gránulos de un material ligero y robusto (como cerámicos); estas pinzas funcionan de la siguiente manera: primero apoyan la “bola” de goma llena de gránulos sobre la pieza a recoger y después se ejerce una fuerza de vacío para atraer a los gránulos interiores, estos se compactan de manera que queda preservada la forma del objeto sobre el que se situó la garra y al compactarse atrapa al objeto (lo envuelve y agarra) realizándose una fuerza de agarre en proporción al objeto que se trata de agarrar. Estas garras son capaces de levantar cuerpos de elevada masa y de adaptarse a formas de casi cualquier tipo además de proporcionar un agarre suave, lo que lo hace idóneo para objetos delicados, pero padece de dos inconvenientes, el primero es que necesita de una instalación neumática que pueda realizar el vacío y el otro problema es que no puede agarrar objetos que presenten superficies planas muy extensas,

pues sobre una superficie plana este tipo de garras no son capaces de agarrar el objeto (5).

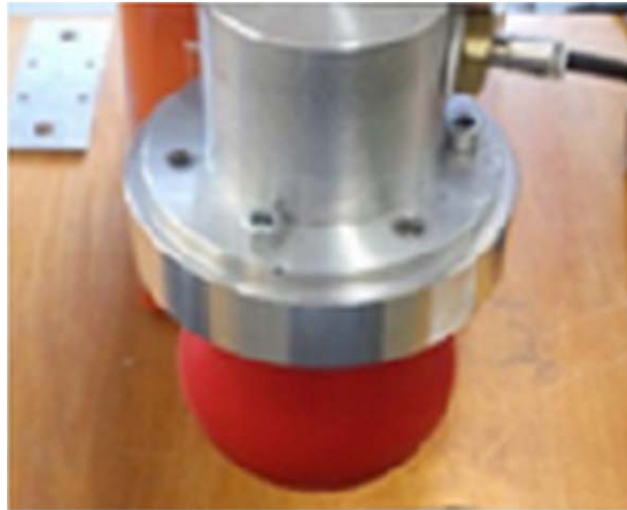


Imagen 14 Pinza de agarre por atasco granular (jamming of granular material)

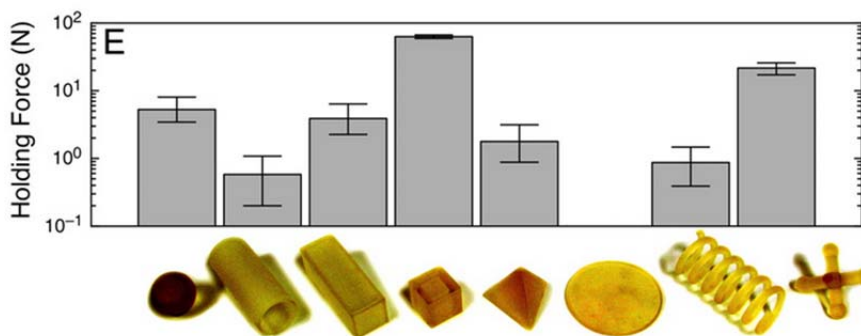
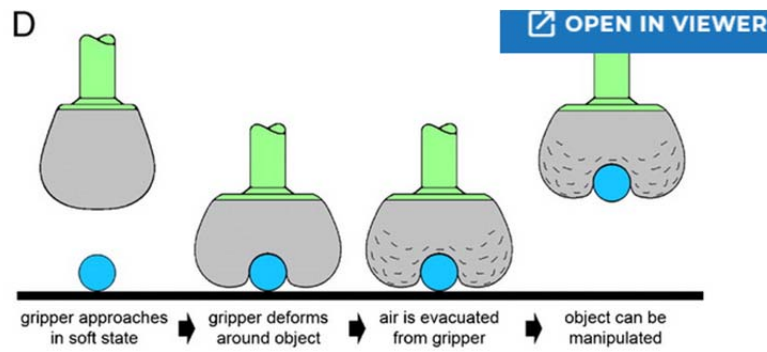


Imagen 15 Esquema del funcionamiento de las garras de atasco molecular (D) y grafica de fuerza en función del solido que agarre (E)

- **Pinza de ventosas de vacío:** este tipo de garras se componen por una pareja de ventosas o múltiples parejas de ventosas, dispuestas de manera paralela entre sí a una misma altura, las cuales, al aplicar vacío, se adhieren a la superficie de un sólido para agarrarlo y poder moverlo de posición. Este tipo de garras son excelentes cuando se usan para agarrar superficies planas de gran extensión aunque también pueden emplearse con objetos de diferente geometría siempre que presenten alguna cara plana o de poca curvatura; requieren de una instalación neumática capaz de generar vacío (funcionan exclusivamente por vacío).



Imagen 16 Pinza de ventosas de vacío

- **Pinza de mandril extensible:** Este tipo de pinzas se componen de un mandril el cual posee unas articulaciones en los laterales (los dedos), las cuales, al ser accionadas se retraen, dejando sólo el diámetro del mandril, el cual introduciremos dentro de un objetos cilíndrico hueco (como un tubo) y al dejar de accionar la garra, los dedos salen del mandril, presionando las paredes interiores del cuerpo que vallan a agarrar y generando un agarre del cuerpo. Este tipo de pinzas suelen ser neumáticas, aunque también existen hidráulicas (funcionamiento reverso al citado) y en algunos casos para agarrar piezas de poca masa y envergadura pueden ser electromecánicas.

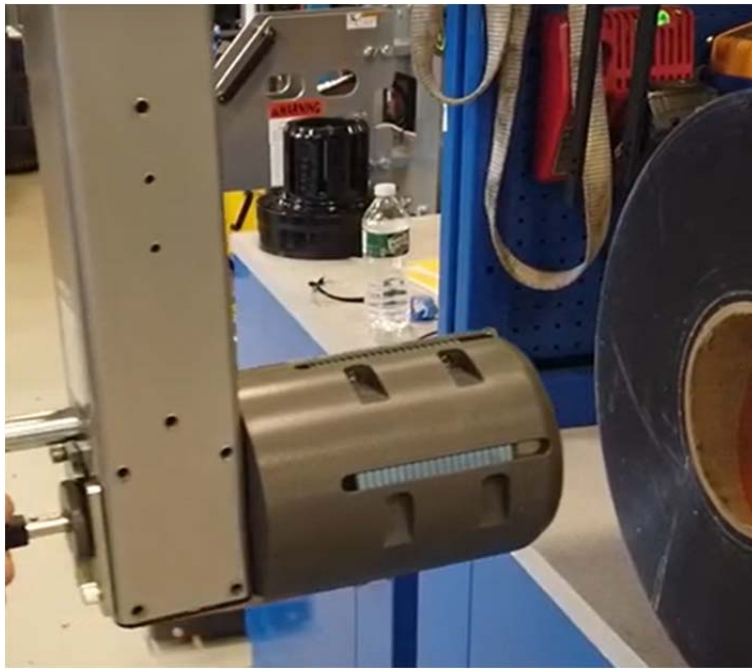


Imagen 17 Garra de Mandril

- **Garras de junta tórica:** Este tipo de garras se asemejan a las garras multimordaza de desplazamiento paralelo, salvo que todas las mordazas se encuentran situadas de manera concéntrica en el centro; al accionar estas mordazas, estas se mueven de manera radial del centro hacia el exterior, lo que permite agarrar como en el caso anterior piezas cilíndricas huecas. Este tipo de garras pueden ser hidráulicas, neumáticas o electromecánicas.



Imagen 18 Garra de junta tórica



- **Pinza de aguja:** en este tipo de pinzas, se conforma de unos inyectores cargados con unas agujas dispuestos a pares formando una especie de “V”, de manera que al ser accionadas, las agujas salen de los inyectores en dirección al vértice de la formación; estas agujas al salir se clavan en el objeto que se desee agarrar y por medio de la penetración de las agujas el sólido queda agarrado. Este tipo de pinzas tiene el inconveniente de que pueden dañar aquello que estemos agarrando, por ellos su uso queda empleado principalmente a cuerpos que recuperan fácilmente tras una deformación como lana de roca o materiales textiles.

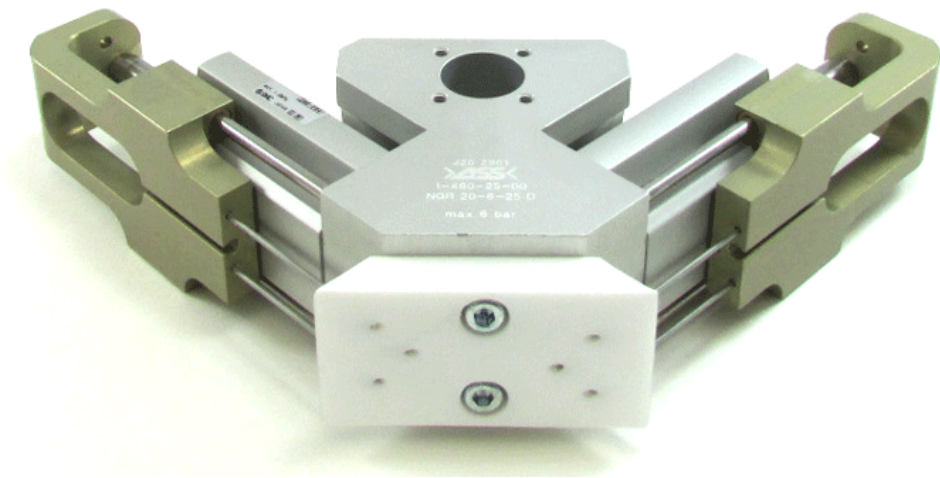


Imagen 19 Pinza de agujas

- **Pinza de electroimanes:** como bien indica el nombre de estas pinzas, son unas garras o bien con una forma cilíndrica plana o bien con un cierto ángulo las cuales, al hacer circular corriente por ellas generan un potente electro imán que es el encargado de agarrar los objetos. Estas pinzas son únicamente eléctricas y sólo pueden emplearse para agarrar cuerpos que sean ferromagnéticos (aquellos que son atraídos por el magnetismo).



Imagen 20 Ejemplo de garra electromagnética

- **Garra de fuerza electrostática:** Este tipo de garras están conformadas por varias cintas de circuitos capaces de ejercer una fuerza de agarre por medio de la electricidad electrostática, disponen de un cable que alimenta cada cinta y además le sirve para abrir la garra al tirar de la cinta (amplia el diámetro interno que forman las cintas). Como ventaja de estas cintas es que se adaptan muy bien al sólido que están agarrando pues estas envuelven al sólido y son capaces de realizar esfuerzos moderados de carga; requieren del empleo de energía eléctrica exclusivamente.

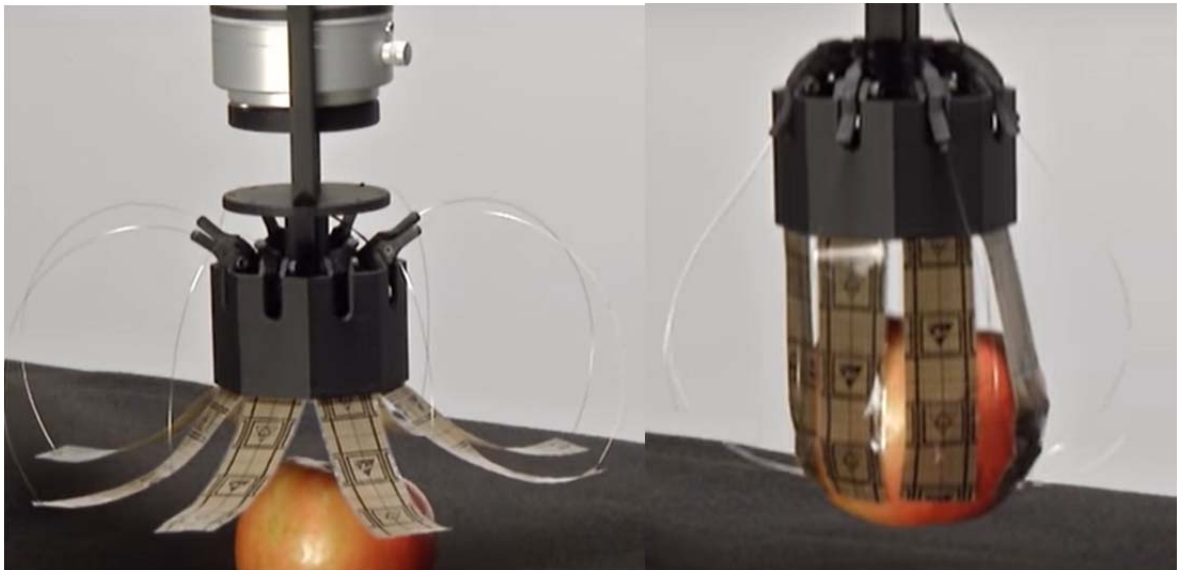


Imagen 21 Pinza de Fuerza electrostática, antes de coger el objeto (izquierda) y después de agarrar el objeto (derecha)



## 6.1 TABLA COMPARATIVA DE GARRAS ROBÓTICAS O “GRIPPERS”

TIPO	ACCIONAMIENTO					CARGA MÁXIMA	APTA OBJETOS VOLUMINOS	APTA OBJETOS DELICADOS	OBSERVACIONES
	HIDRÁULICO	NEUMÁTICO	VACÍO	ELÉCTRICO	MECÁNICO				
2 mordazas	▪	▪		▪	▪	media			
2 mordazas de movimiento paralelo	▪	▪		▪	▪	media	▪		
Adaptativas		▪		▪	▪	media		▪	adaptan a la geometría
Agarre blando		▪		▪	▪	baja		▪	
3 o más mordazas	▪	▪		▪	▪	elevada			
3 mordazas de movimiento paralelo	▪	▪		▪	▪	elevada	▪		
Atasco granular			▪			elevada	▪	▪	adaptan a la geometría
Ventosas de vacío			▪			elevada	▪	▪	grandes superficies lisas
Mandril extensible	▪	▪		▪	▪	media	▪		cilindro huecos
Junta tórica	▪	▪		▪	▪	media			cilindro huecos
Aguja		▪				media	▪		material textil
Electroimanes				▪		elevada	▪	▪	sólo metales ferromagnéticos
Fuerza electrostática				▪		media	▪	▪	

Tabla 1 Tabla comparativa de modelos de garras

## **7. DISEÑO DE LA HERRAMIENTA ROBÓTICA PARA LA UNIDAD DE EMPAQUETADO**

En este apartado trataremos sobre el diseño y desarrollo de la herramienta robótica para esta unidad de empaquetado. Esta herramienta será construida con la premisa de que únicamente deba de llevar tecnologías electro mecánicas (movidas mecánicamente y los actuadores que generen estos movimientos alimentados por energía eléctrica) y deberá de ser lo más sencilla posible para poder ser un modelo viable en la producción a gran o mediana escala.

### **7.1 BOCETOS INICIALES Y BRAINSTORMING:**

En primer lugar se plantearon los diferentes modelos de envases que esta herramienta debería poder ser capaz de agarrar, entre este tipo de envases encontramos bolsas, mallas, cajas, botellas, botes, bandejas... Estos envases pueden resumirse en 4 categorías principalmente: Bandejas, Cajas, Botellas y Bolsas/mallas.

Según la familia de envase se comenzó a pensar ideas y a esbozar los primeros bocetos de estas ideas siendo las siguientes:

#### **7.1.1 DISEÑOS PREVIOS DE GARRA PARA BANDEJAS:**

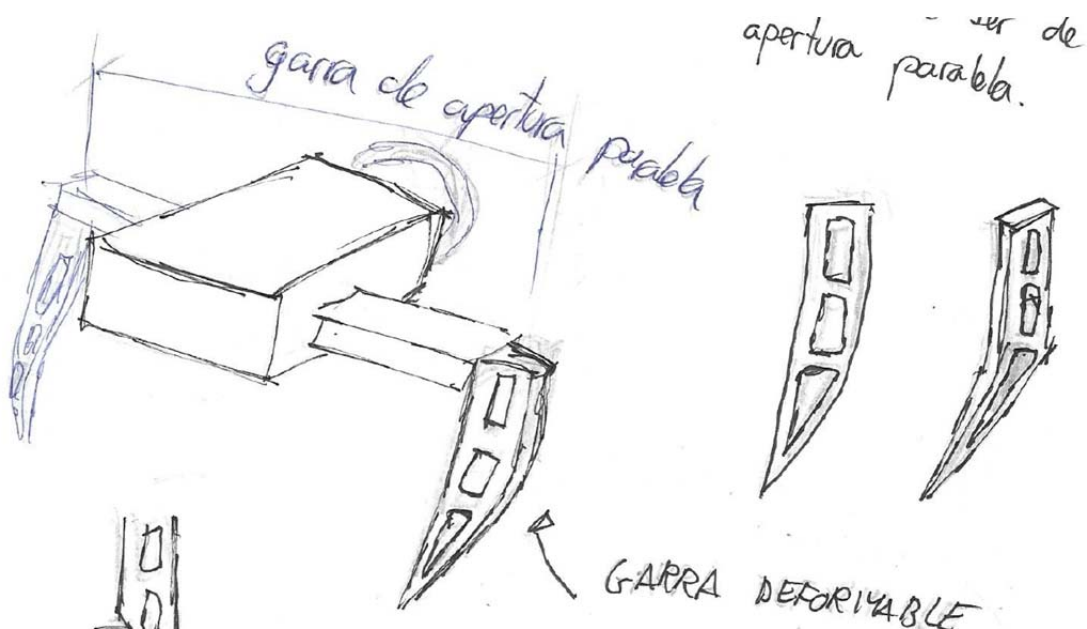
En este caso se tuvo en cuenta la forma que poseen las bandejas tanto de poliestireno expandido como las bandejas de PET, ambas comparten las similitudes de poseer un reborde alrededor de su perímetro ligeramente redondeado que corona la parte superior de estos envases (la zona donde luego se aplicará un film sellador generalmente).

La geometría que poseen estas bandejas de ambos materiales comparten la siguiente forma común:



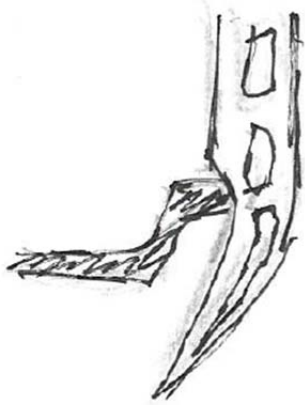
**Imagen 22** Envase de carne en bandeja de plástico y croquis de sección de bandeja de poliestireno/plástico

Debido a que este tipo de envases pueden tener poca resistencia (caso del poliestireno expandido) debemos de considerar o bien que las garras sean deformables para no aplicar demasiada presión o bien que las garras tengan un ranurado adecuado al reborde de dichas bandejas para evitar dañarlas. Además, debido al ancho de este tipo de envases, para poder ser cogidas por su sección más delgada (con un ancho estándar de 17cm en su parte estrecha) debemos de tener una herramienta que posea un gran rango de amplitud para poder coger estas bandejas. Una vez planteadas estas dos reflexiones se optó por pensar en dos modelos de garras, ambas de apertura paralela, como los siguientes:



**Imagen 23** Croquis de Garra Paralela de garras deformables para bandejas

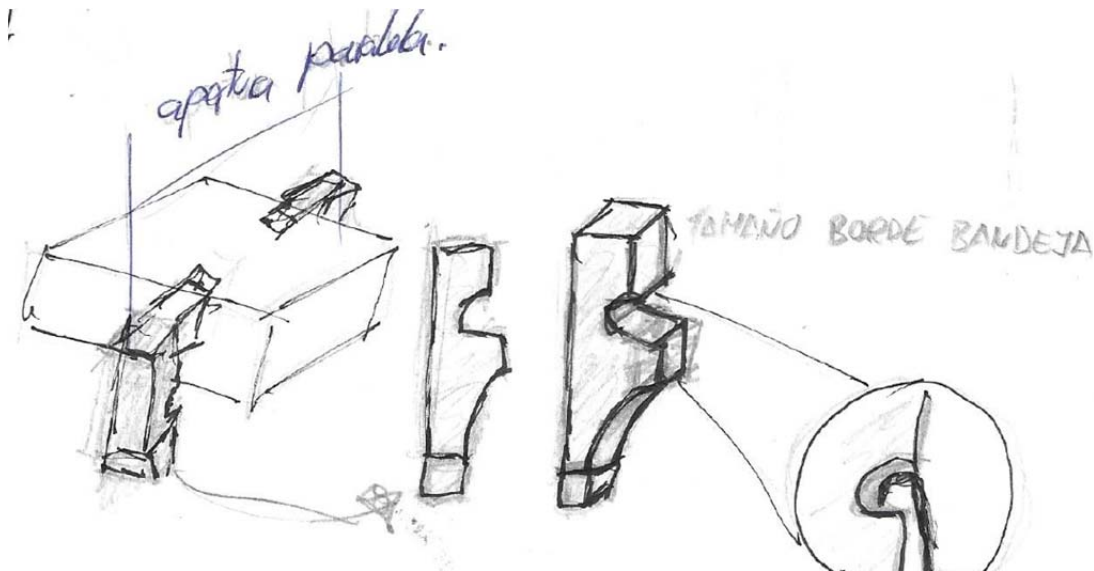
Un diseño de garra de apertura paralela con garras blandas deformables, las cuales al agarrar la bandeja deformarán como en el siguiente croquis:



La garra quedará ligeramente deformada de manera que se aplique la menor fuerza posible que evite romper la bandeja o deformarla pero la suficiente como para poder vencer el peso de la bandeja y poder ser levantada. Esta deformación tendrá una similitud con el canto de la bandeja.

**Imagen 24** esquema de agarre de las garras deformables en las bandejas

La otra posibilidad que se pensó para este tipo de envases fue la de una garra de apertura paralela con garras no deformables y endiduras adaptadas.



**Imagen 25** Croquis de garras de apertura paralela con garras rígidas y ranuradas para bandejas

En este modelo, las garras son sólidas y serán capaces de agarrar las bandejas sin deformarlas puesto que poseemos una hendidura con la forma del borde de las bandejas donde quedará apoyado este borde, evitando que se deterioren.

Aunque en un principio ambos grippers pueden solucionar nuestro problema, nos decantaríamos por un diseño como el primero, en donde la garra se pudiera deformar antes de magullar a las bandejas (sobre todo a las de poliestireno expandido).

### 7.1.2 PRIMEROS DISEÑOS DE GARRAS PARA BOTELLAS, BOTELLINES Y BOTES DE DETERGENTE:

Para este grupo de objetos, se pensó, además de ser envases que contenían líquidos, cuales otras eran las similitudes entre ellos y tras una reflexión, nos dimos cuenta de que todos estos envases compartían entre sí el hecho de que poseían tapón, además de una morfología curvilínea. Por este motivo pensamos que las garras más aptas para este tipo de envases serían aquellas que o bien fuesen capaces de agarrar bien el tapón de estos envases o bien fuesen capaces de adaptarse a la morfología de estos envases. De este modo obtuvimos dos posibles soluciones diferentes:

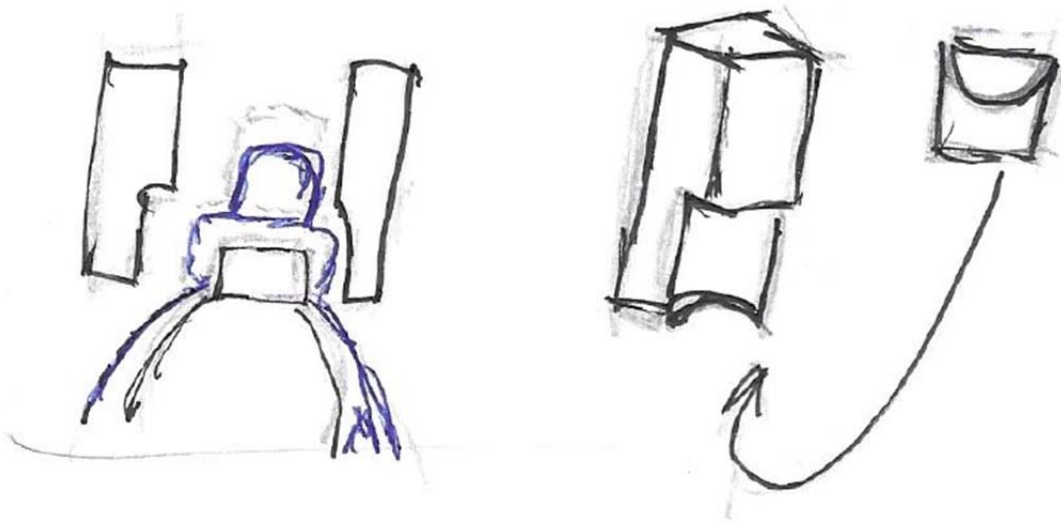
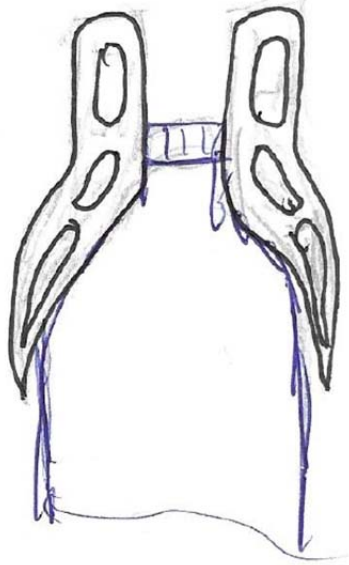


Imagen 26 Boceto pinza de 3 garras para botellas

En una primera idea pensamos en una garra de 3 dedos, la cual poseía ser convencional de pinza o de apertura paralela y en cuyos dedos se encontraba un rebaje con forma circular que nos permitirían agarrar correctamente los tapones de estos envases para así poder alzarlos con el brazo robótico; el rebaje debería de estar calculado con amplitud suficiente para poder agarrar los tapones de mayor tamaño como los de los botes de detergente, y en caso de disponer de un rebaje suficientemente largo, podrían hasta diferenciarse más de una altura diferente de rebaje para adaptarse a los tapones.



\* GARRAS DEFORMABLES

\* Diseño semejante a ①

Imagen 27 Boceto de garras deformables para botellas

En esta otra posible solución, volvemos a recurrir nuevamente a una garra doble de apertura paralela con garras deformables y es que debido a las propiedades de este tipo de garras que con su deformación son capaces de adaptar la forma a la del sólido que estuvieran agarrando, podría hacer viable la garra para coger productos cilíndricos, pues estas garras adoptarían en cierta medida la curvatura cilíndrica así como “copiarían” el contorno del tapón y cuello del envase (tal como se presupone en el boceto).

En este caso, de las dos posibles soluciones parece menos arriesgada y por tanto más acertada inclinarse por la primera propuesta, pero debido a que ya tenemos la necesidad de diseñar una garra de apertura paralela con garras deformables (para coger bandejas), la cual coincide con la segunda opción, nos decantaremos por esta segunda opción en un principio, aunque quedaría a posterior pre diseño y revisión la geometría de las propias garras (los dedos flexibles).

### 7.1.3 PRIMEROS DISEÑOS DE GARRAS PARA MALLAS:

Para este tipo de envases, conocidos como mallas (propio de los sacos de patatas, bolsas de naranjas...), reflexionamos sobre 3 posibles conceptos a la hora de desarrollar una garra que pudiese levantar de manera eficaz estos envases de una consistencia no convencional (son envases flexibles y deformables a diferencia de las bandejas, cajas o botellas y botellines); las soluciones posibles al levantamiento de este tipo de envases fueron las siguientes:

GANCHO

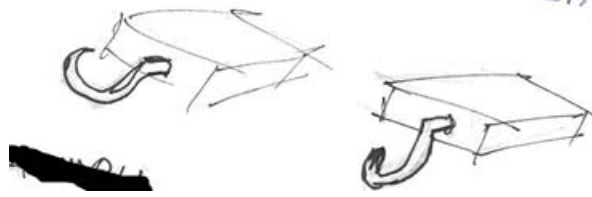


Imagen 28 Boceto garra para mallas tipo "gancho"

En un primer lugar se planteó la hipótesis de emplear una agarre que no fuese necesario emplear ningún tipo de actuador para coger este tipo de envases tipo malla, para ello se pensó en una idea muy simple, el empleo de un gancho el cual, mediante movimientos únicamente del brazo robótico se introdujera a través del patrón de rejilla de la malla y nos permitiese elevar este tipo de productos envasados con este envase. El gancho podría disponer de una punta más o menos puntiaguda, decantándonos más por una opción de punta redondeada y de curvatura con una forma más semejante a una cicloide (para suavizar la forma del gancho y facilitar el uso de este al brazo robótico). Esta idea primariamente barajada pierde de interés práctico pues al enganchar las mallas estas pueden rasgarse o podríamos dañar el producto que albergara en su interior.

MANDRIL

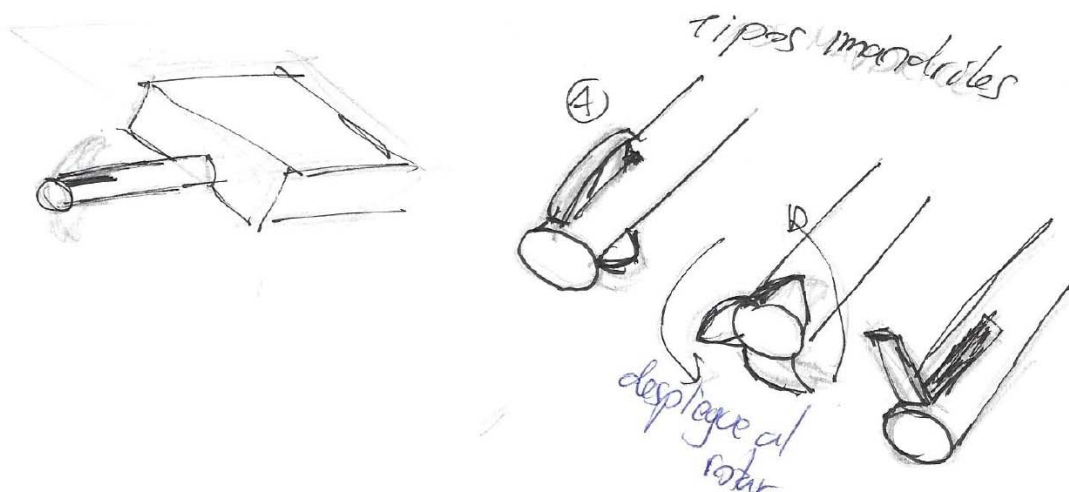
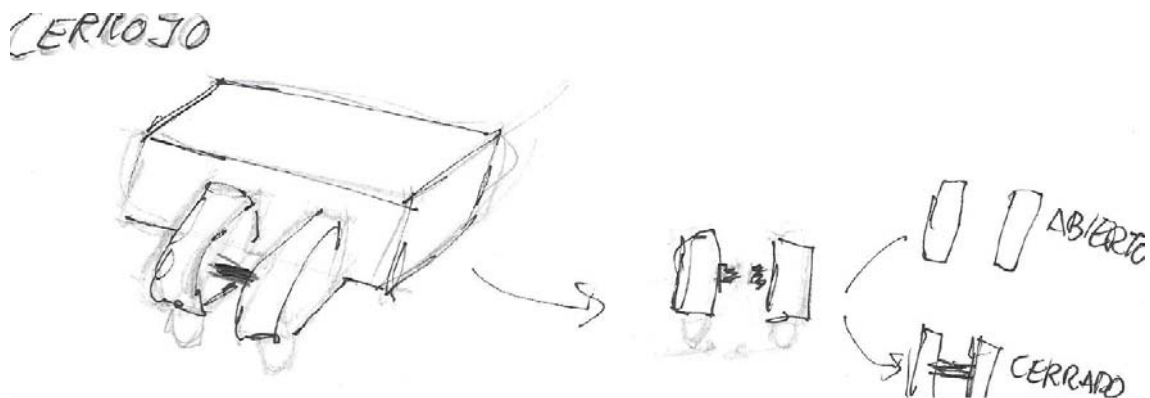


Imagen 29 Boceto de garra para mallas en forma de mandril

Una segunda idea de cómo poder agarrar las mallas sería por el empleo de un mandril, el cual no es más que una sección cilíndrica agarrada a la cual se le



coronaria en la punta con un actuador que se extendería para aumentar el tamaño de la sección del mandril y evitar que la malla retrocediese por el mandril al levantarla y se precipitase. Este mandril sería nuevamente introducido por algún hueco de la matriz de rejilla de la malla y por medio de un actuador extendería las "aletas" para mantener la malla sujeta por el mandril. Este modelo tenía como inconveniente el empleo de un actuador diferente al de las otras garras ya diseñadas, la sección al verse obligada a ser delgada para introducirse entre los huecos de la malla podría suponer un punto débil que conllevarse un fallo catastrófico en la garra y además queda la complejidad de las aletas que se empleasen (como pueden verse en el boceto, se pensó diferentes tipos de aletas, para cada una de ellas era necesario elaborar un sistema mecánico distinto).



**Imagen 30 Boceto de garra para mallas tipo "cerrojo"**

Se pensó un último diseño para este tipo de garras, al cual se le denominó tipo cerrojo debido a las similitudes de un candado de bicicleta (de los que se emplean para encandar las ruedas), en este diseño se conformaría la garra por medio de dos sólidos que contendrían el cerrojo, el cual no es más que un pequeño eje seccionado en dos que al ser accionado se abre y al dejar de accionar el actuador se cierra, atrapando la malla al introducirse este eje a través de los huecos de la malla. Este modelo requeriría de un actuador en principio autónomo (aunque tal vez podría plantearse la posibilidad de emplear como actuador el mecanismo de la garra paralela, idea que como veremos posteriormente se empleará para resolver la garra para agarrar mallas y bolsas) además de exigir al diseño de la carcasa que se tuviese en cuenta los salientes en los cuales se alojarían las dos partes del eje del candado.

Debido a los problemas que planteaban las ideas planteadas para una garra de mallas, se pensó en emplear en un principio la idea de una garra candado, planteándose si era necesario emplear un actuador independiente o se podría emplear alguno de los mecanismos de otras garras (aunque en un final este tipo de garra no se lleve a cabo en el diseño final, como veremos en capítulos posteriores).



#### 7.1.4 GARRA PARA CAJAS DE CARTÓN O PLÁSTICO:

En cuanto a las ideas adoptadas para agarrar una caja prismática o (de sección rectangular) de cartón o de otro material empleado en envases, tras pensar un poco en el asunto de cómo podríamos levantarlo llegamos a la conclusión de que casi cualquier tipo de garra convencional, de apertura en pinza o apertura paralela, podría funcionar para este tipo de envases, aunque si es cierto que nos decantaríamos más por una garra de tipo de apertura paralelo para dotarla de mayor amplitud y adaptarla al ancho de las cajas de muchos productos.



Imagen 31 Bocetos de garras para cajas (apertura paralela y de pinza)

Para evitar generar una garra adicional (que ya irían 4 distintas), se planteó utilizar una garra de apertura paralela tal como se indicó para las bandejas, por su similitud y para evitar colocar numerosas cantidades de garras en nuestra herramienta múltiple.

## **7.2 SÍNTESIS DEL PROCESO DE BRAINSTORMING Y LOS PRIMEROS BOCETOS FUNCIONALES:**

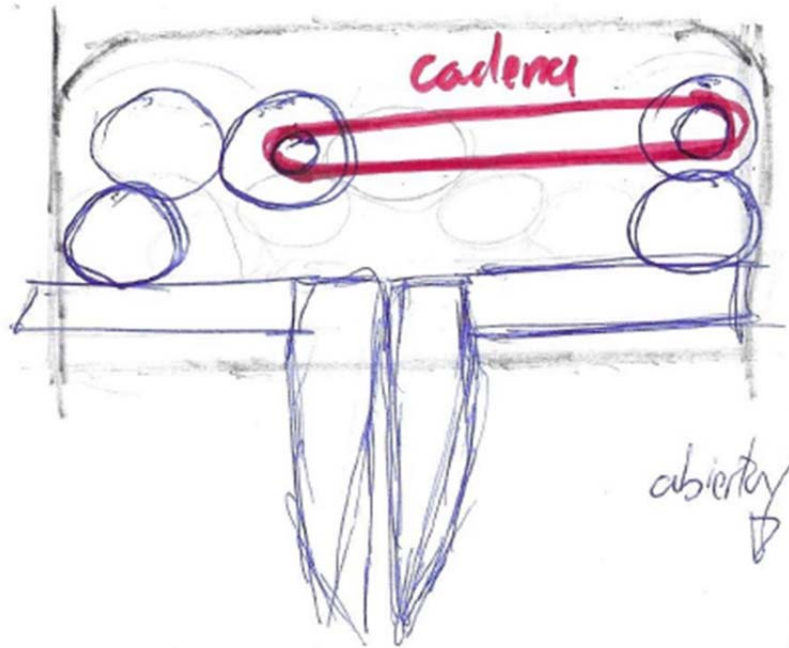
Tras analizar las ideas más viables que propusimos para agarrar cada una de las 4 categorías principales de envases, vimos que en tres casos (bandejas, botellas y cajas) coincidían la necesidad de emplear una garra de apertura paralela y en dos de estos casos (bandejas y botellas) los dedos empleados en estas garras requerían de ser unos dedos deformables para o bien evitar dañar el producto o bien para mejorar el agarre del envase por su capacidad para adaptarse a este.

Por otro lado quedaba resolver el problema para agarrar las mayas, por lo que se dispuso que nuestra herramienta fuese múltiple y estuviese compuesta de dos garras diferentes, una garra principal para cualquier producto a excepción de los sacos y mallas y otra garra dispuesta en el frente de la herramienta específicamente adaptada a coger mallas y sacos (y puede que bolsas).

Una vez aclarado cómo debería de ser la herramienta robótica a diseñar pasamos a pensar el funcionamiento principal de nuestra herramienta, es decir, el mecanismo mediante el cual transmitiríamos el movimiento de nuestro actuador a nuestra pinza de apertura paralela.

Para realizar el mecanismo de la garra de apertura paralela primero tuvimos que decidir cuantos actuadores dispondría esta garra, lo cual nos planteaba la posibilidad de emplear un único actuador para ambos dedos o un actuador independiente para cada dedo. Para facilitar la tarea de programación y poder tener una herramienta sincronizada (ambos dedos se moverían a la vez y la misma distancia) optamos por la opción de disponer un único actuador (que sería un motor eléctrico de corriente continua) que gobernara ambos dedos de nuestra garra.

Una vez decidido que debíamos emplear un único actuador para mover ambas extremidades, comenzamos a plantearnos diferentes métodos de transmisión de movimientos, de los cuales, nos decantamos más por la transmisión de engranajes por ser aquella con la que más familiarizados estábamos. El empleo de engranajes nos permitía modular la velocidad del motor e invertir los sentidos de giro de este, así como de la posibilidad de actuar de manera simultánea en ambas garras. Tras darle unas pocas vueltas más al asunto llegamos a la conclusión de un primer boceto funcional de nuestra garra, el cual se muestra en la imagen siguiente:



**Imagen 32 Primer boceto funcional de la garra de apertura paralela basado en ruedas dentadas y cadenas**

En este primer modelo observamos un engranaje primario enganchado al motor (que podría ser tanto el engranaje más a la derecha como el siguiente más próximo a la izquierda) del cual se acoplaría un árbol de engranajes de este primario hasta la cremallera que portase la garra (en principio la izquierda) que gobernara el dedo izquierdo y por medio de una cadena o correa de transmisión instalada en otro engranaje o polea concéntrica al engranaje primario se transmitiría el movimiento a la segunda polea/engranaje de la cadena, solidario a un engranaje que será el encargado de transmitir a una pareja de este el movimiento y su pareja a la cremallera que está acoplada a el dedo derecho, de manera que pudiésemos gobernar esta extremidad de forma síncrona con su homólogo izquierdo.

Este diseño, poco pulido, pues podríamos haber eliminado un par de engranajes (uno en la derecha y otro en la izquierda) planteaba dos defectos:

- Por un lado el hecho de que las cremalleras debían de sobresalir el ancho de la herramienta para poder darle la amplitud máxima a la garra.
- El empleo de una cadena o polea, que debido a que es un elemento que transmite el movimiento por fricción nos obligaría a cambiarlo cada ciertas horas de trabajo (lo interesante sería que la herramienta tuviese el mantenimiento mínimo).

Tras investigar un poco más sobre los mecanismos que poseen alguna garras de apertura paralela, observamos que muchas empleaban tirantes cicloidales que al girar una rueda solidaria al motor, los recogía o extendía para mover tangencialmente los dedos dispuestos sobre una corredera. Así que mediante

la idea de la corredera y valiéndonos de los piñones cremallera de la idea anterior, llegamos al desarrollo de la nueva versión funcional del mecanismo de accionamiento de la garra de apertura paralela. El diseño fue el que se muestra a continuación:

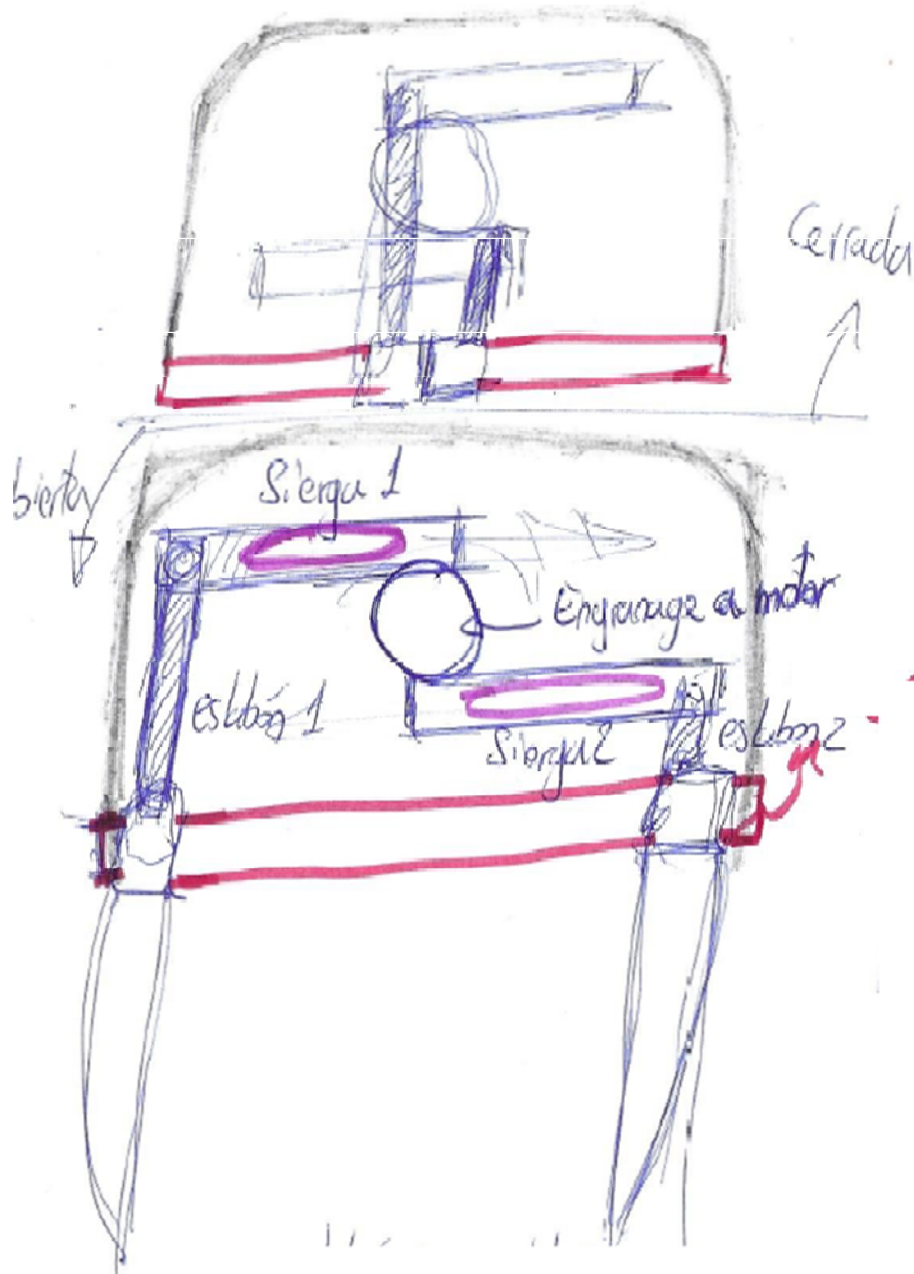


Imagen 33 Boceto funcional del mecanismo empleado en la garra de apertura paralela basado en piñón cremallera

Como vemos en la imagen la garra tiene dos estados, un primer estado con la garra cerrada (situado en la parte superior de la imagen) en donde las cremalleras están lo más próximas al engranaje principal (solidario al motor) en donde dos tirantes colocados en un plano superior al engranaje y las cremalleras mantienen cerradas en el centro de la corredera a las mordazas.

El segundo estado de esta garra es cuando las cremalleras están lo más alejadas posibles del engranaje principal y estos tirantes obligan a las mordazas (dedos de la garra) a recorrer longitudinalmente la corredera del centro a los extremos, dotándola de toda la amplitud máxima a la garra.

Las cremalleras estarán dotadas de un resalte en la parte trasera para poder conducir las a través de unas guías, lo que les dará más estabilidad y las mantendrá siempre en una posición horizontal para su correcto engrane con el engranaje.

Una vez elegido el tipo del mecanismo de la garra quedará pendiente en el diseño las medidas aproximadas de los elementos, así como la configuración del piñón, motor y cremalleras (cálculos que realizaremos en el apartado próximo).

### **7.3 CÁLCULOS Y PREDISEÑO DE LOS ELEMENTOS:**

En esta fase del diseño, el primer paso que se tomó fue la investigación de campo, en donde nos trasladamos a un supermercado para tomar medidas de los envases, con la intención de poder pre diseñar nuestra herramienta robótica; mientras realizamos nuestras mediciones concluimos que, tanto las bandejas de poliestireno como las bandejas de PET, ambas poseían en su mayoría unas medidas estándares con una anchura de 17cm. Se constató que los envases de mayor tamaño eran los referentes a las tartas con una anchura igual en ambos ejes x e y de 37cm, pero debido a la naturaleza de este producto, el cual es típico ir a adquirirlo personalmente en vez de ser algo encargado de manera telemática, se decidió que no se diseñaría la pinza para este gran tamaño. Además, cuando se realizaron el proceso de medición de productos envasados en cajas de cartón, se pudo apreciar que las cajas más voluminosas (dejando a un lado las cajas de menaje y electrodomésticos) eran las cajas que contenían galletas, las cuales tenían una longitud de 28cm, la cual se tomó como medida máxima para nuestro diseño, planteándose la posibilidad de que la mordaza de apertura paralela fuese capaz de agarrar estas cajas por su lado ancho. En este proceso de toma de datos, se trató de medir el hueco existente en las mallas entre su patrón de enrejillado y se observó que por lo general (a excepción de mallas de una gran anchura de hueco), el hueco presente en este tipo de envases estaba en torno a un ancho de 5mm, por lo que sería motivo para replantear si la idea inicial de realizar una garra tipo candado sería la más idónea para agarrar este tipo de envases.

Una vez definido el ancho máximo que debe de abrir nuestra garra de apertura paralela, se procedió a buscar el motor más óptimo y al diseño del engranaje. Para el diseño del engranaje se tomó un un diámetro primitivo de 60mm, lo cual

generaría un engranaje de un tamaño modesto, pero más que suficiente para transmitir la fuerza y el giro a nuestras cremalleras. En base a tablas normalizadas, el módulo tomado para la construcción del engranaje fue de  $m=3$ , por lo que en función del diámetro primitivo y de este módulo se pasó a calcular el resto de parámetros de la rueda dentada, obteniéndose:

- N° de dientes ( $z$ ):  $z = \frac{d}{m} = \frac{60}{3} = 20$
- Paso ( $p$ ):  $p = m * \pi = 3 + 3,1416 = 9,4248 \text{ mm}$
- Altura del fondo ( $h_f$ ):  $h_f = 1,25 * m = 1,25 * 3 = 3,75 \text{ mm}$
- Altura de la cabeza ( $h_a$ ):  $h_a = m = 3 \text{ mm}$
- Altura del diente ( $h$ ):  $h = h_a + h_f = 3,75 + 3 = 6,75 \text{ mm}$
- Diámetro de fondo ( $d_f$ ):  $d_f = d - 2 * h_f = 60 - 2 * 3,75 = 52,5 \text{ mm}$
- Diámetro de cabeza ( $d_a$ ):  $d_a = d + 2 * h_a = 60 + 2 * 3 = 66 \text{ mm}$
- Hueco del diente ( $e$ ):  $e = \frac{m * \pi}{2} = \frac{3 * 3,1416}{2} = 4,712 \text{ mm}$
- Ancho del diente ( $s$ ):  $s = e = \frac{m * \pi}{2} = \frac{3 * 3,1416}{2} = 4,712 \text{ mm}$

Además, se decidió, con la intención de la transmisión fuese más “suave” y silenciosas, que el engranaje fuese de tipo helicoidal con una inclinación de  $30^\circ$  para poder transmitir las altas velocidades que podría ejercer el motor. Esto provocará que las cremalleras deban de ser también de tipo helicoidal y presentar dientes con una inclinación de  $30^\circ$ . Como ancho tanto para el engranaje como para las correderas se tomará una anchura de 12 mm, siendo este un ancho suficiente para no agrandar en demasiado la herramienta pero adecuado para la transmisión de potencias.

Para la elección del motor, se realizó en base al par que debíamos de realizar para elevar objetos con un peso de hasta 10kg; para este cálculo se tomó en cuenta que las garras, al ser deformables, estas debían ser a la fuerza de algún tipo de elastómeros, los cuales poseen un coeficiente de rozamiento entre 0,2 y 1 (con algunas excepciones que son inferiores o superiores a este rango), por lo cual se decidió a efectos de cálculo elegir un valor medio del coeficiente de rozamiento, para obtener la fuerza normal necesaria para levantar una carga de 10kg y por tanto, que par debería transmitir el motor. Por lo que los cálculos resultaron los siguientes:

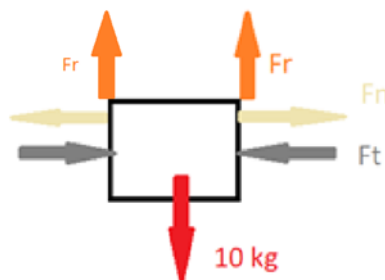


Imagen 34 Esquema de esfuerzos/reacciones de un sólido al levantarlo con la garra

Tendremos que la al enganchar con la garra el objeto y levantarlo, se genera una fuerza de rozamiento que debe de ser igual pero contraria a la ejercida por el peso (98,1 N para el caso de levantar 10kg) y la fuerza tangencial es contrarrestada por una fuerza de igual módulo y contraria a esta que es la fuerza normal.

Teniendo en cuenta que:

$$P = 2Fr = 2 * \mu * Fn \text{ y que } Fn = Ft$$

$$2Fr = 2 * \mu * Ft \rightarrow Ft = \frac{Fr}{\mu} = \frac{P}{\mu}$$

$$Ft = \frac{98,1}{2 * 0,5} = 98,1 N$$

A su vez sabemos que en la transmisión de potencia por engranajes se cumple la ecuación siguiente:

$$Ft = \frac{Par}{r}$$

Y como conocemos la fuerza tangencial necesaria (Ft) y es conocido nuestro radio del engranaje (r=30 mm), podemos calcular el par mínimo que requiere el motor:

$$Par = Ft * r = 98,1 * 0,03 = 2,943 Nm$$

Sabemos pues que el par que debe ejercer nuestro motor deberá de ser aproximadamente de 3Nm, por lo que deberemos escoger un motor que sea capaz de satisfacer ese par. Buscando entre las posibilidades del mercado, nos decantamos por el empleo de un motor de la marca Pegasus, en concreto el modelo PA-R-340-7 servo actuador. Este motor, además de no poseer un tamaño muy grande y pesar 750g (un peso bastante comedido para nuestra herramienta) nos da un par medio de 8,5 Nm y un par máximo de 18 Nm, por lo que será capaz de satisfacer nuestras necesidades de diseño (aplicándole un coeficiente de seguridad 2, por lo que podría levantar hasta el doble de peso de lo planeado).

Una vez tomadas las medidas pertinentes y elegido el motor (el cual tiene una morfología concreta y deberemos adaptar ciertas partes de la herramienta para acomodar el motor) pasaremos al pre diseñarnos y posteriormente diseñar de manera más definitiva los componentes de nuestra herramienta.

## 7.4 DISEÑO DE LA MORDAZA PARALELA:

En este apartado vamos a desarrollar el proceso de diseño propiamente dicho que hemos empleado para el desarrollo de nuestra herramienta, concretamente para la parte de la mordaza paralela.

### 7.4.1 ENGRANAJE Y CREMALLERAS:

Una vez obtenidos los parámetros de nuestro engranaje no queda más que realizar el modelo tridimensional de estos componentes; empezando por el engranaje que será el encargado de la transmisión del motor a las cremalleras.

Empleando para diseñarlo el programa de CAD (diseño tridimensional) SOLIDWORKS 2022, comenzaremos a esbozar nuestro engranaje empezando por un cuerpo cilíndrico de con una hueco en el centro con la forma propicia para poder encajar en el eje del motor, que en este caso será un agujero con forma rectangular de esquinas redondeadas.

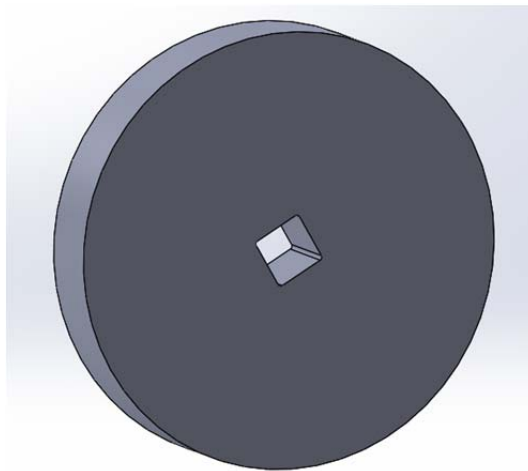


Imagen 35 Cuerpo base del engranaje

Una vez realizado el cuerpo, realizaremos el entallado del dentado del engranaje, valiéndonos de un croquis con los parámetros de altura del diente y de los diámetros de fondo, primitivo y de cabeza, así como del paso y del ángulo de transmisión, en este caso de  $20^\circ$  (como en todo engranaje normalizado).



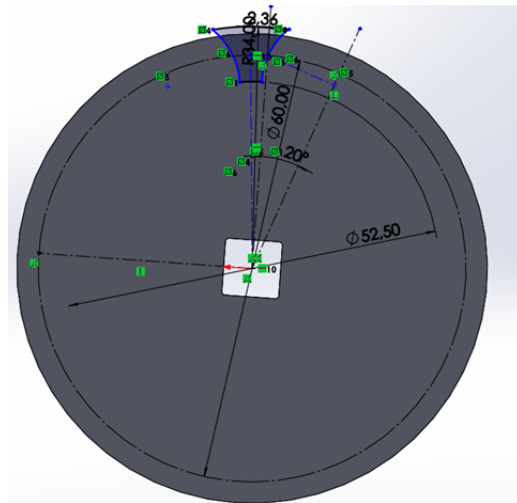


Imagen 36 tallado del dentado del engranaje

Una vez tenemos delimitado el dentado del diente no queda más que realizar el ranurado del diente y reproducirlo 20 veces (el número de dientes) con una inclinación de  $30^\circ$ , obteniéndose así el engranaje helicoidal.

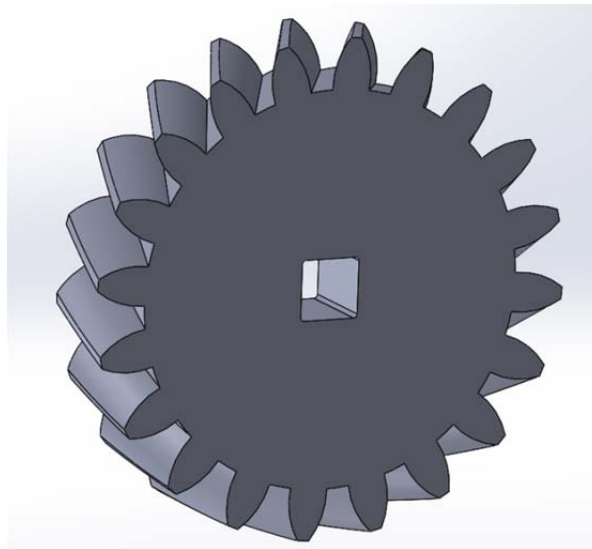


Imagen 37 Engranaje helicoidal terminado

Una vez tenemos el engranaje ya diseñado, es momento de diseñar las cremalleras; para este paso partimos de un boceto con las medidas aproximadas de nuestras cremalleras, así como con que forma deseamos

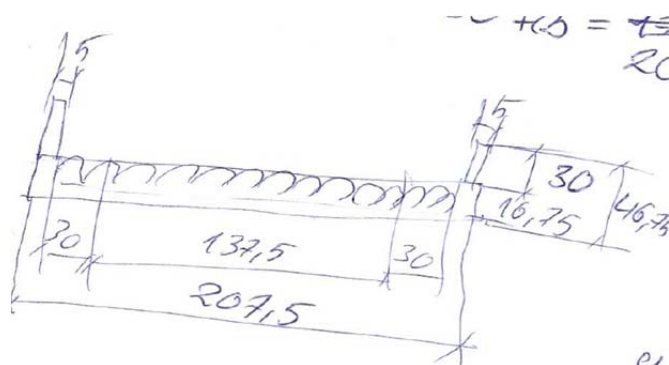
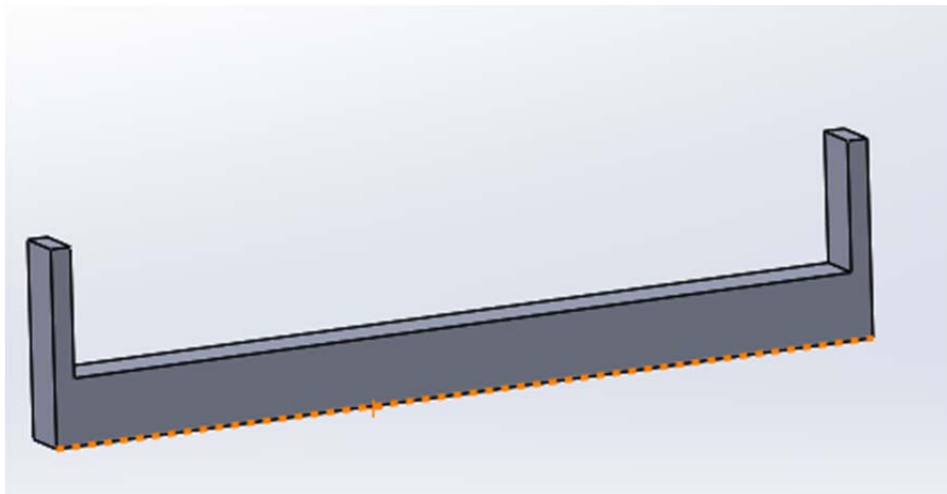


Imagen 38 Boceto ide partida de la cremallera

generarlas:

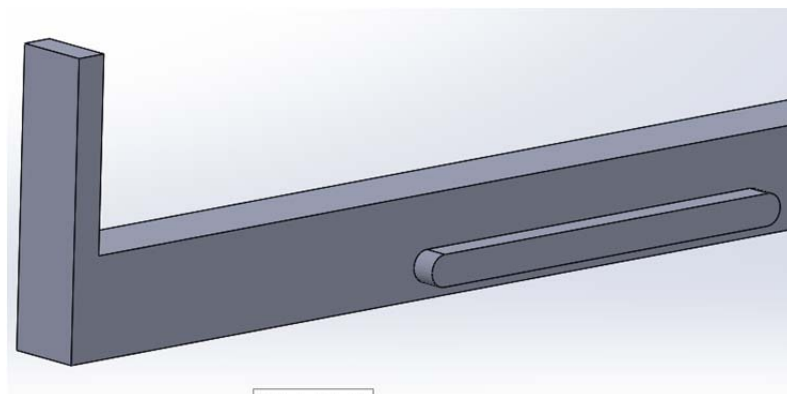
Pensamos en diseñar la corredera con dos salientes a cada uno de los lados que harán la función de tope al engranar con el engranaje principal, de manera que la cremallera no pueda exceder de la posición deseado (pues estos salientes entrarían en contacto con el lateral del engranaje y no será posible que se desplacen más allá de este límite).

De este boceto inicial pasaremos a una geometría básica como la que vemos a continuación:



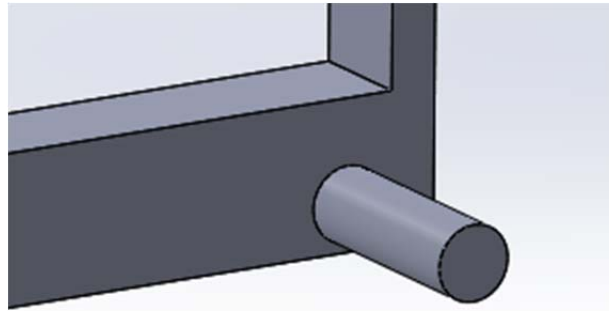
**Imagen 39** Cuerpo inicial de la corredera

A partir de este cuerpo le añadiremos las partes necesarias para poder moverse correctamente y que a su vez desplacen los dedos de la garra; para ello añadimos un saliente en forma de rectangular de puntas redondeadas, el cual nos valdrá como guía de nuestras cremalleras (consiguiendo que estas se mantengan siempre en una posición horizontal).



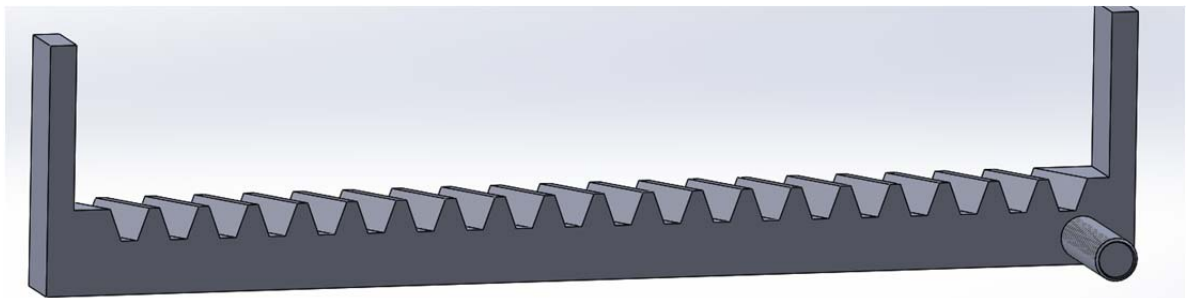
**Imagen 40** Guías de las cremalleras

Del mismo modo se añadirá un saliente cilíndrico roscado próximo a uno de los extremos de la cremallera que nos servirá de soporte para poder desplazar los dedos de la garra.

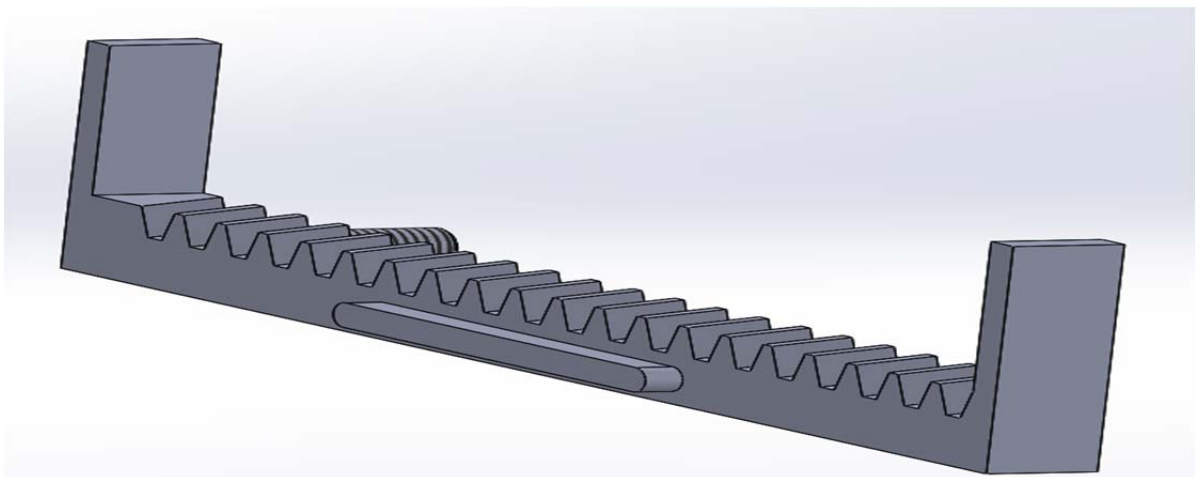


**Imagen 41 Saliente conector de cremallera con correderas de la garra (sin roscar)**

Ahora sólo queda el paso de entallar los dientes de nuestra cremallera, para lo cual dibujamos el perfil de los dientes, en este caso rectos (a diferencia de los del engranaje que poseen cierta forma de cicloide) para favorecer el engrane entre el engranaje y la cremallera y una vez tallado el primer espacio del diente con una inclinación de  $30^\circ$  lo reproducimos a lo largo de la cremallera, obteniendo así nuestro modelo de la cremallera:



**Imagen 42 Cremallera terminada (frontal)**



**Imagen 43 cremallera terminada (parte posterior)**

### 7.4.2 PLACA SOPORTE:

Una vez tenemos el núcleo de nuestra mordaza paralela, es el momento de diseñar dónde van a quedar alojadas, para ello era necesario diseñar una placa que actuase de soporte y guía para las cremalleras, donde de acoplara el engranaje al motor y además esta fuese a donde se atornillaría el motor.

Partiendo de un esquema con unas medidas para orientarnos, procederemos a diseñar este elemento.

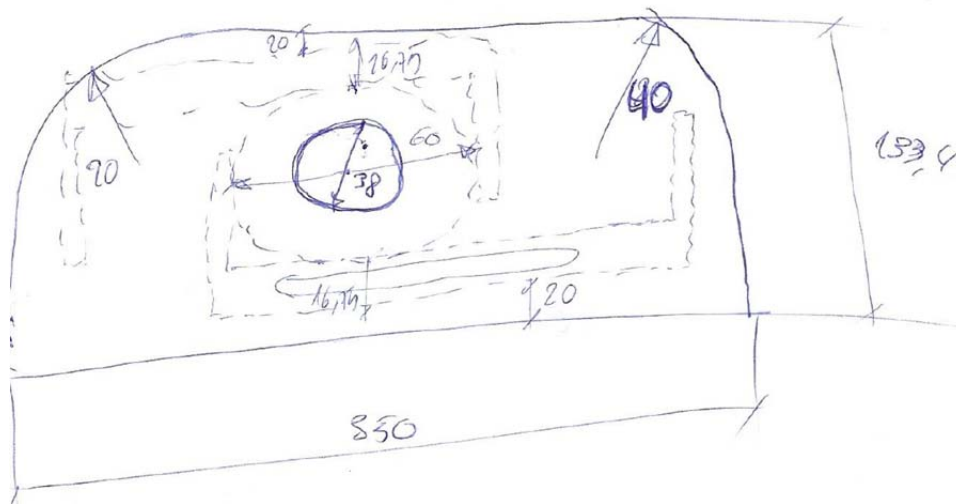


Imagen 44 Esquema orientativo de la placa soporte (diseño no correspondiente al definitivo)

En primer lugar diseñamos la geometría base de esta placa de sujeción, creando un sólido con la forma semejante a la del esquema, empleando las medidas correctas. Esta placa fue dotada de un grosor de 6 mm puesto que de esta placa se van a atornillar componentes como el motor (que ejerce bastante fuerza al rotar) y nos servirá como núcleo central de la pinza.

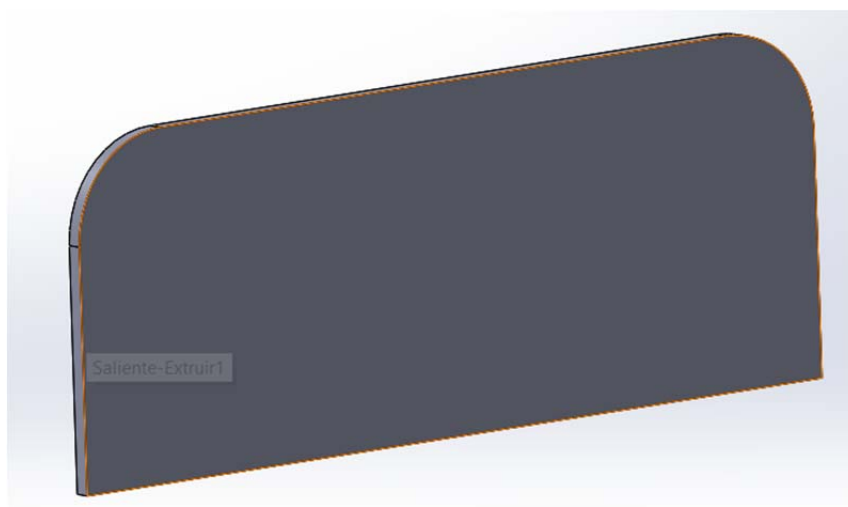
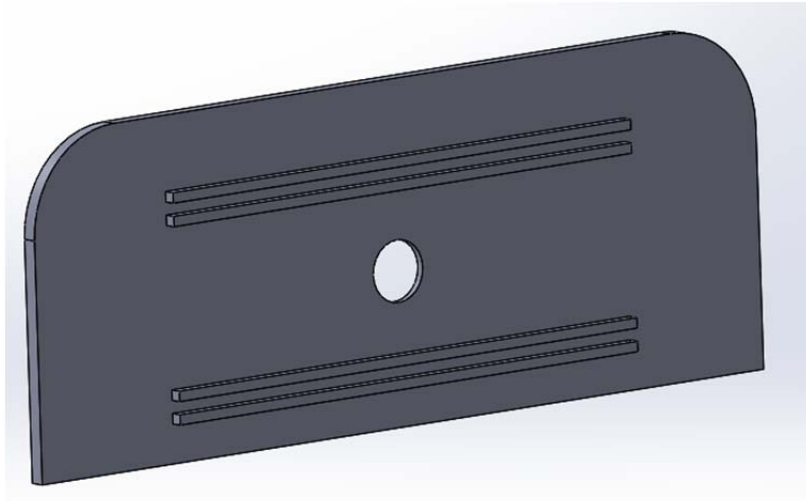


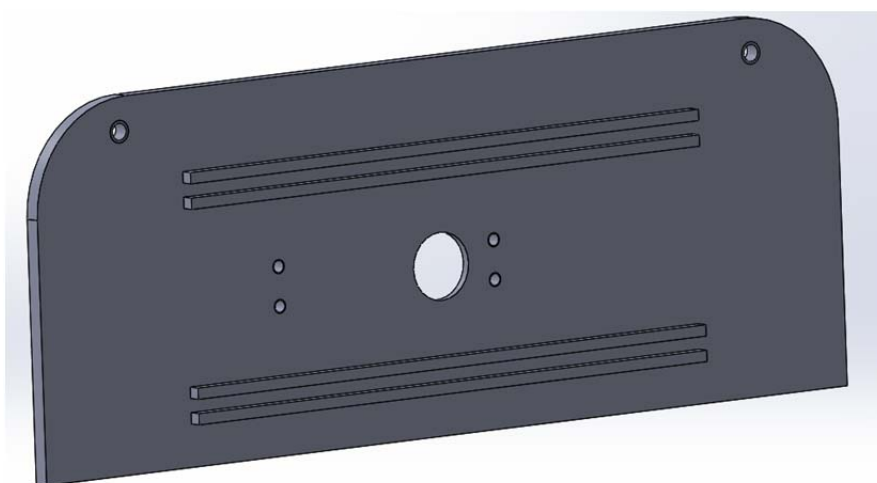
Imagen 45 Cuerpo de la Placa soporte

Aunque la idea original era la de realizar unas ranuras con la longitud de todo el recorrido que realizan las cremalleras de extremo a extremo, con la finalidad de funcionar como guías, el comenzar a acoplar los elementos vimos que existía una distancia entre la placa y las cremalleras que no hacían viable el realizar estas ranuras, por lo cual se optó por la solución inversa, en vez de hacer una ranura, se optó por diseñar unos railes entre los cuales quedaría atrapada la guía de la cremallera, manteniendo así a la cremallera horizontal y parcialmente sujeta en todo momento. A su vez se realizó un orificio central que serviría para acoplar el motor.



**Imagen 46 Guías Placa soporte**

Debido a que esta placa soporte deberá de estar conectada con la carcasa y se deberá atornillar a esta el motor, se le realizaron 4 agujeros resacados de métrica 6 alrededor del orificio de acople del motor, coincidiendo con la disposición de las roscas de acople del motor. A su vez se realizó también dos agujeros roscados de métrica 6 para poder acoplar esta placa soporte al resto de la estructura de la garra paralela.



**Imagen 47 Placa soporte terminada**

### 7.4.3 CORREDERA DE LA MORDAZA PARALELA:

El siguiente paso en nuestro diseño es el de diseñar una corredera por la cual deslicen unos deslizadores a los cuales se encuentren acoplados los dedos de la garra de apertura paralela. Para este diseño partiremos del siguiente croquis:

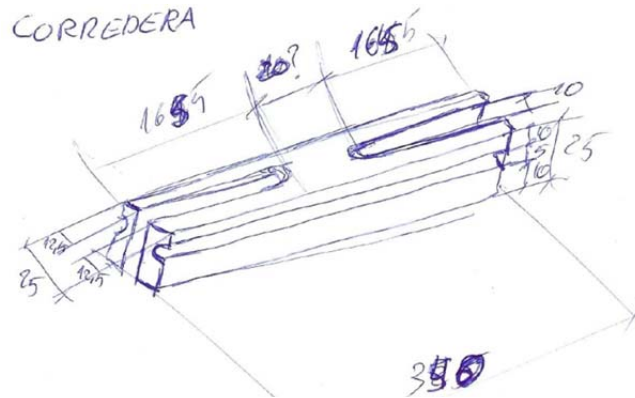


Imagen 48 Croquis de la corredera

En esta imagen del croquis podemos hacernos una idea de las medidas que debemos emplear para realizar la carrodera así como de su morfología; se opta por un diseño en el cual las caras laterales de la corredera poseen una ranura en forma semicircular a lo largo de toda la corredera, las cuales harán de guía para los deslizadores de la garra, justo en el centro de la sección, habrá un ranurado de la parte superior a la inferior que recorrerá casi toda la corredera, dejando, generando un espacio por el cual se desplazará en núcleo de los correderos, para poder realizar esta parte a partir de un único bloque, se detendrá esta cavidad en un espacio central, que actuará de núcleo de la pieza, por lo que esta cavidad deberá realizarse en dos partes, derecha e izquierda. Por motivos funcionales, es imprescindible que todas las caras de la corredera (las que componen el contorno de la sección) presenten un acabado superficial adecuado, para lo que se pensó en un acabado tipo N5.

En la siguiente imagen tenemos el resultado final del diseño de la corredera:

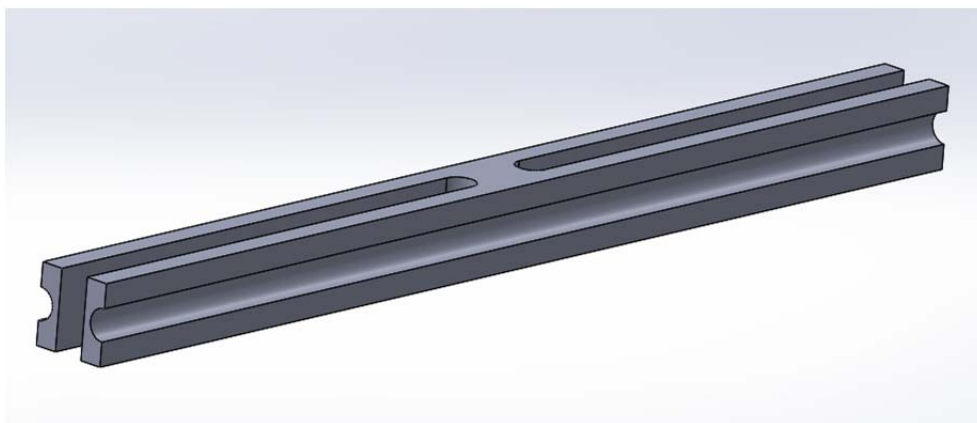


Imagen 49 Corredera de la garra de apertura paralela

#### 7.4.4 SOPORTES CORREDEROS:

Una vez tenemos ya diseñada la corredera, es el momento de diseñar unos soportes correderos que deslicen alrededor de la barra en dirección longitudinal y en los cuales se acoplará futuramente los dedos deformables de la mordaza.

Partiendo de una idea básica de nuestros soportes deslizadores, podemos realizar un croquis general con una aproximación de la forma suficiente.

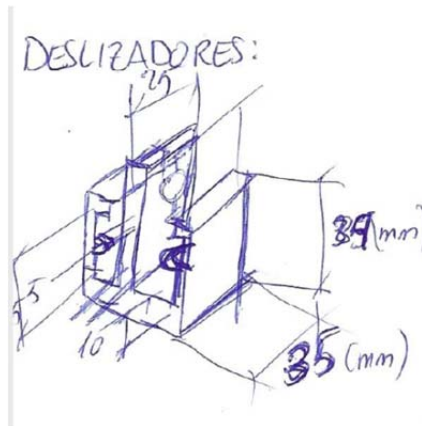
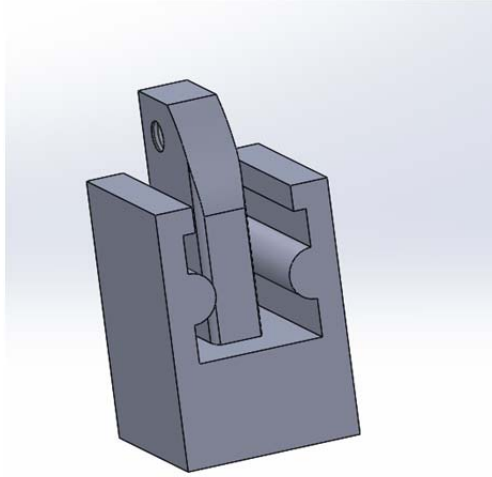


Imagen 50 Boceto preliminar de los deslizadores

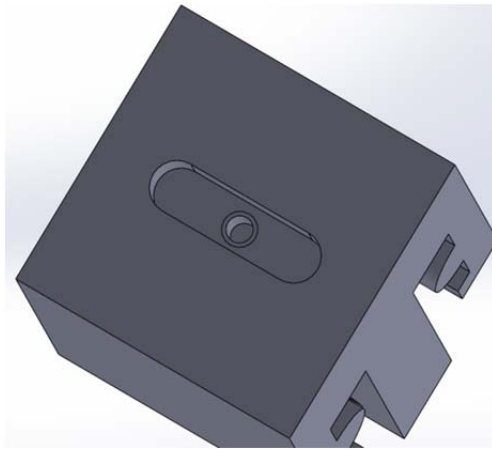
No obstante, cuando tuvimos que diseñar esta parte, sufrió diversas modificaciones con respecto al boceto original, pues a lo largo del diseño nos vimos obligados a modificar los deslizadores para poder incorporar una solución a la garra para mallas.

Partiendo del perfil de la corredera, dotamos con un perfil interior a estos deslizadores que es el negativo (el que encaja) del perfil de la corredera. Para suavizar la parte a la cual se acoplan las cremalleras, se soluciona dotándola de una forma curva y un agujero roscado de métrica 8 que encaje con el saliente roscado de las cremalleras (aunque habrá que realizar un ajuste para uno de ellos, pieza que explicaremos en el siguiente apartado); a este nervio central, se le dotó de curvatura en la arista interior para encajar con la forma de la corredera en su punto intermedio y se diseñó el nervio de modo que al llegar al tope de su recorrido, estos deslizadores tocan entre sí, permitiendo cerrar completamente la mordaza paralela.



**Imagen 51** Cuerpo de la corredera (sin modificar)

Una vez obtenido el cuerpo de la corredera, era el momento de diseñar un método de acople para las garras deformables, para ello se realizó una ranura en la base de estos deslizadores con forma de cajera y en el centro un agujero roscado de M4, para que, una vez acoplada la parte superior de la garra deformable a esta ranura (con la forma homóloga a la de la cabeza de las garras) ambas quedasen sujetas por medio de un tornillo de métrica 4.



**Imagen 52** Base del deslizador (ranura de acople con los dedos de la garra)



#### 7.4.5 CONECTOR DE LA CREMALLERA SUPERIOR CON EL DESLIZADOR:

Aunque uno de los deslizadores encaja directamente con la cremallera de su lado (que es el deslizador izquierdo con la cremallera inferior), para poder unir el deslizador derecho a la cremallera superior fue necesario diseñar un eslabón de unión, que conectaría el saliente roscado de la cremallera en un extremo con el agujero del deslizador al otro extremo, empleando para ello un tornillo y unas tuercas. Una pieza sencilla pero necesaria para el funcionamiento de la garra.



Imagen 53 Imagen del conector cremallera superior deslizador

#### 7.4.6 CARCASA MORDAZA:

Queda pendiente el método por el cual se plantea unir y mantener fija la corredera con el resto del conjunto del mecanismo, para ello nos debemos de valer de una parte todavía no planteada, la carcasa. Realizando un boceto esquemático de lo que debe de contener esta parte de la carcasa proseguiremos a diseñar y a concretar esta pieza.

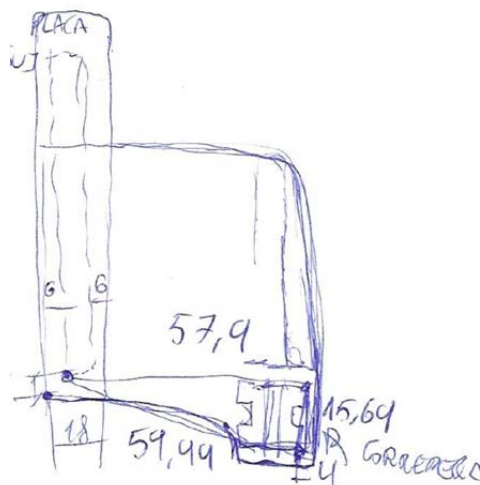
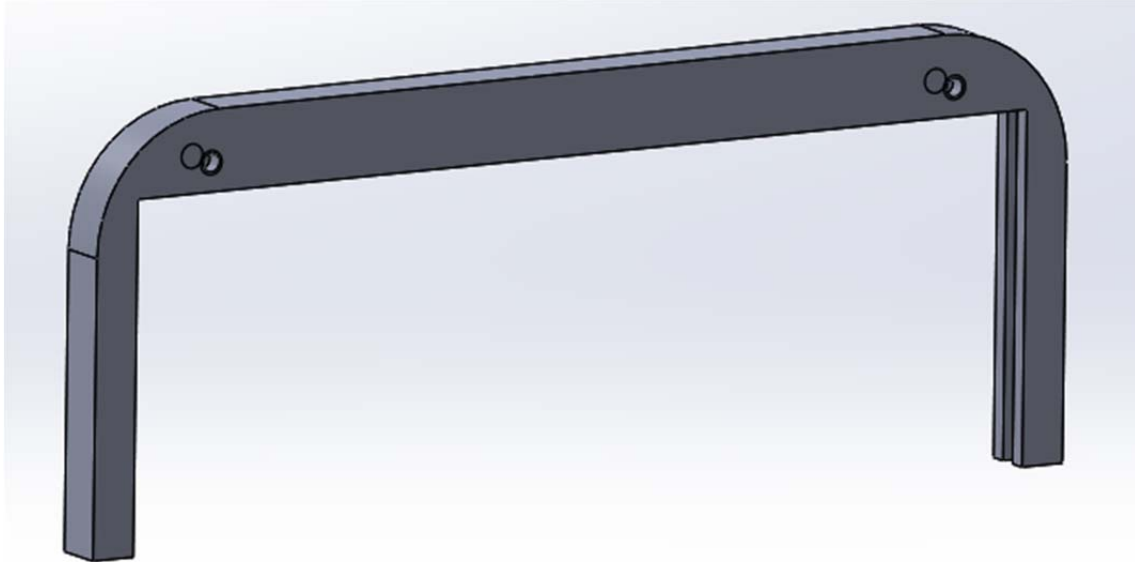


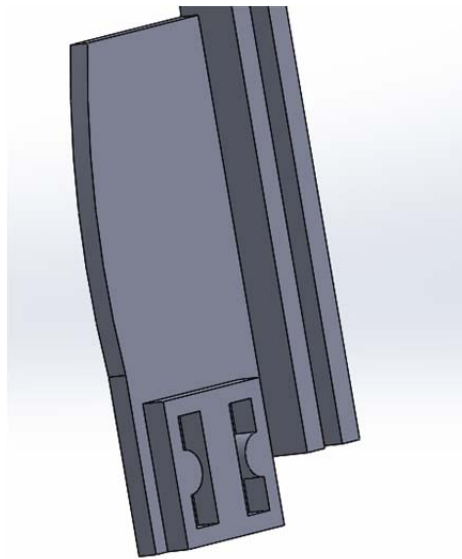
Imagen 54 Boceto de la Carcasa Mordaza

Para realizar esta pieza nos valdremos de la geometría de la placa soporte, con la salvedad de que esta es un poco más ancha puesto que debe “arropar” a la placa soporte; para unir estas dos partes, lo realizaremos por medio de dos tornillos de métrica 8 situados en la parte superior y coincidiendo con los tornillos planteados en la placa de sujeción.



**Imagen 55** Comienzo del diseño de la carcasa mordaza.

Una vez ya tenemos diseñado convenientemente el método de unión entre la placa soporte y esta carcasa, es el momento de plantear cómo serán las partes que nos ayudarán a mantener fija nuestra corredera, para ello se diseñó unos brazos dotados de un saliente con la forma del perfil de la corredera de manera que esta quede agarrada dentro de este saliente.



**Imagen 56** saliente de la carcasa mordaza donde sujeta la corredera

Tras tener diseñado la manera de amarrar a la corredera, se completó esta parte de la carcasa añadiendo unas torretas para poder unir esta carcasa con la carcasa que recubriese toda la garra.

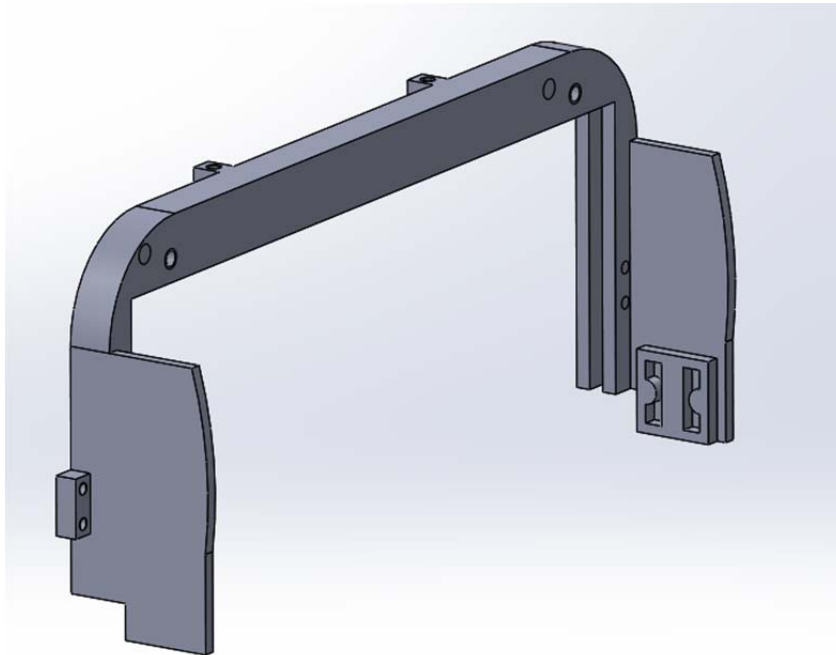


Imagen 57 Carcasa mordaza completada

#### 7.4.7 GARRAS DEFORMABLES:

Por último (para terminar la mordaza paralela) nos queda únicamente terminar de diseñar las garras deformables. Para realizar estas garras deformables, las compondremos en 3 partes, una primera parte que será la parte que conecta con los deslizadores, con un vástago en forma de rectángulo con los laterales redondeados para que encaje en la ranura en la base de los deslizadores y con un agujero roscado de M4 en el centro de este rectángulo para completar la unión de las dos piezas por medio de un tornillo.



Imagen 58 Vástago de unión de la garra con los deslizadores

Unido a este conector de la garra, se encuentra un fleje de 5 mm de ancho y un espesor de 1mm, doblado con una forma de “uña” (un triángulo con un lado curvilíneo) y soldado a la base del conector; este fleje será el encargado de hacer recobrar la forma inicial a la garra cuando esta cese el esfuerzo.

Recubriendo a este fleje, hasta alcanzar una sección de rectangular de 16x5 mm que recubrirá al fleje siguiendo su forma, estará el “guante de caucho”, cuya misión será la de ejercer la fuerza necesaria para levantar los objetos, a la par que se deformara para no aplicar demasiada presión. A este contorno del guante, se le rellenará con una sección interior de 5mm con agujeros para reducir la cantidad de material necesario así como favorecer la capacidad de este caucho para deformarse. Se añadieron al canto recto que quedará en la parte interior de la garra, un pequeño patrón ranurado con sección semicircular de 0,5 mm de radio y separación de 4mm entre ranura y ranura con el objetivo de favorecer el agarre de las bandejas, al tratar de hacer coincidir una de estas ranuras con el canto redondeado de las bandejas y así reducir la presión que se ejerce sobre estas.

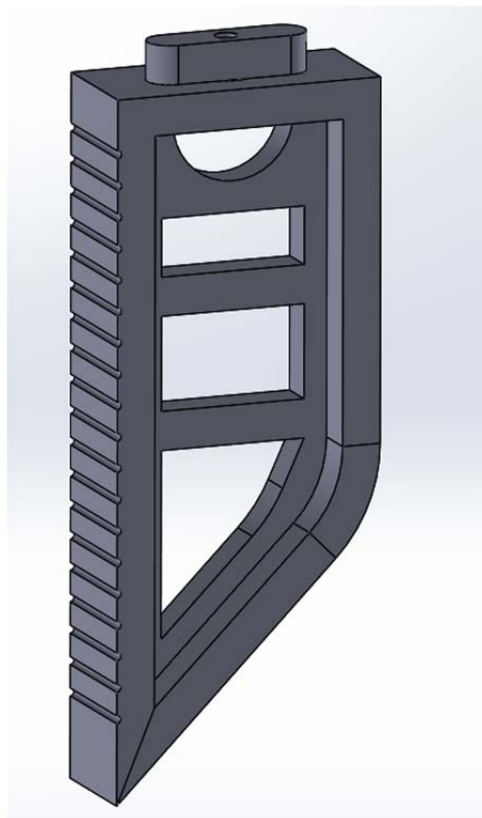


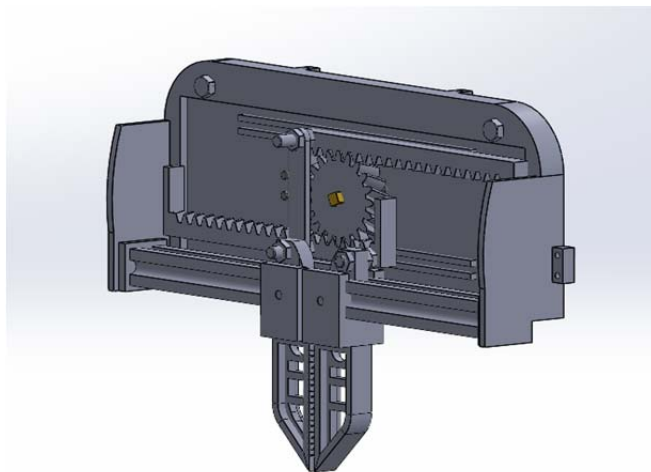
Imagen 59 Garra deformable al completo

#### 7.4.8 ENSAMBLAJE DEL MECANISMO DE LA GARRA DE APERTURA PARALELA:

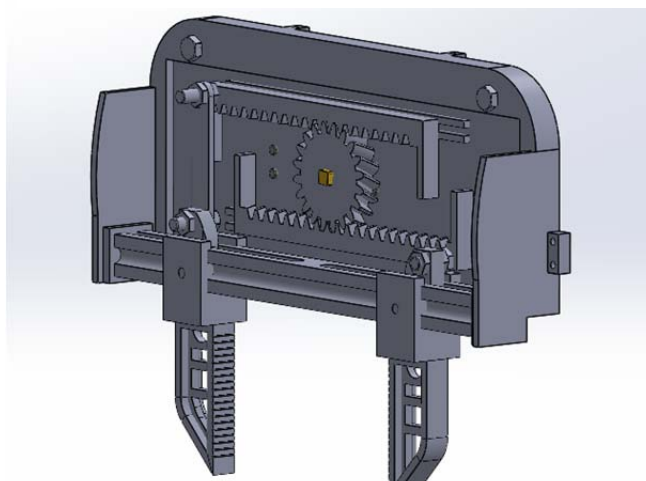
Una vez diseñadas las partes de nuestra mordaza paralela no que mas que ensamblar todos los componentes y comprobar que el diseño encaja y funciona correctamente.

Para ensamblar los componentes y fijarlos, será necesario el empleo de elementos auxiliares como tornillos de M8, M6, roscas de M8 y un par de tornillos de M4 para los dedos; además será necesario incluir el motor en este mecanismo para realizar la comprobación de que se acopla bien a la placa soporte y que el mecanismo se encuentre equilibrado con el eje del motor.

Tras realizar las operaciones de montaje, obtuvimos el siguiente mecanismo, el cual definirá nuestra garra de apertura paralela, faltándonos para terminar, la disposición de la garra para bolsas y de las carcasas para finalizar junto con este mecanismo nuestra herramienta para el brazo robótico:



**Imagen 61 Mecanismo ensamblado Garra paralela (cerrado)**



**Imagen 60 Mecanismo ensamblado Garra paralela (abierto)**

## 7.5 DISEÑO DE LA GARRA PARA BOLSAS:

Aunque en un principio se planteó la idea de realizar una garra tipo cerrojo (como el boceto de la imagen), una vez diseñado el mecanismo de la garra de apertura paralela se estudió la posibilidad de reutilizar o aprovechar el mecanismo ya existente para la generación de la garra para las mallas.

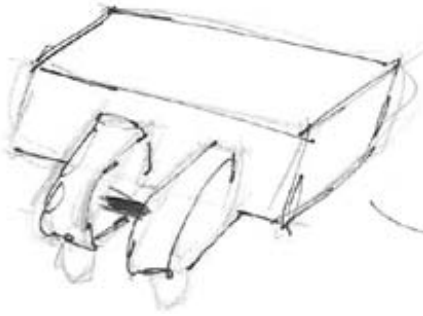


Imagen 62 Boceto de la idea de una garra para mallas con mecanismo de cerrojo

Este estudio se planteó debido a dos motivos, uno fue la suposición de que este tipo de mecanismo dañase las mallas y por tanto, existía el riesgo de que estos productos embalados de esta manera podrían precipitarse al suelo tras haber sido agarrados; el otro motivo fue que, este tipo de modelo estaba concebido para las mallas únicamente, pero quedaba el problema de como agarrar una bolsa que no tuviese rejilla (productos en bolsas de plástico, papel), pues este tipo de mecanismo requería de que el envase tuviese múltiples aperturas, lo que lo descarta para coger bolsas.

Tras plantear esta idea, generamos una solución que fue, empleando los deslizadores ya existentes, soldarles a estos unas varillas en ángulo de manera que unas garras con forma de elipse abrazasen a las bolsas para cogerlas. Tras tener la idea llegó el momento de recabar información sobre los tamaños de los sacos, bolsas y demás artículos embolsados y se comprobó que los tamaños más grandes eran los de los sacos de patatas (actualmente muy populares los de tamaño de 3kg), los cuales presentaban un diámetro máximo de 22 cm y un diámetro menor de 14 cm (su sección describe una elipse).

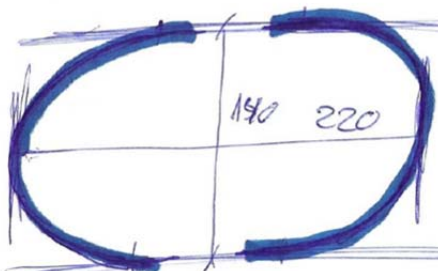


Imagen 63 boceto de proporciones de la garra para bolsas

Tras tener claro que tamaños deberíamos trabajar en nuestro modelo, comenzamos una fase de pre diseño, calculando proporciones de las varillas que pensábamos soldar a los deslizadores, de cómo haríamos el cuerpo y garras y hacernos una idea general de cómo acabaría nuestra garra para coger bolsas.

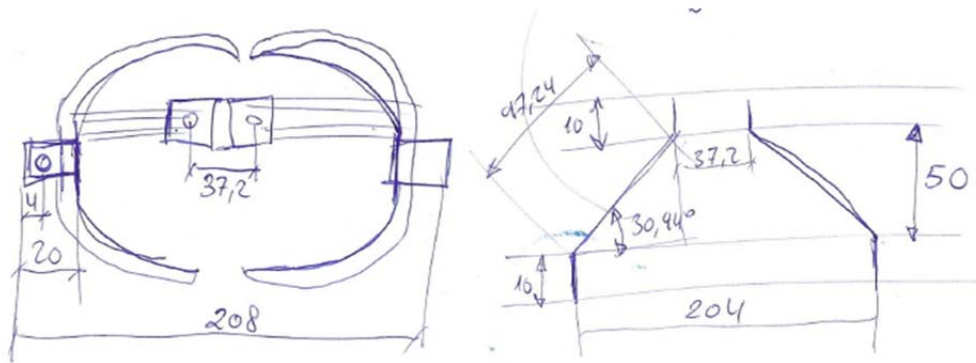


Imagen 64 Bocetos del pre diseño de la garra para bolsas (morfología izquierda y disposición derecha)

Teniendo claro que pensábamos realizar, comenzamos a diseñar las partes una a una hasta alcanzar nuestro objetivo:

### 7.5.1 MODIFICACIÓN EN LOS DESLIZADORES:

Como ya se ha explicado, las varillas que conecten los deslizadores con las garras (o su cuerpo central), deberán de ir soldadas, lo cual hace replantearse primero elecciones de material (requerimos de un acero con una soldabilidad buena) así como el método para acoplarlos, para ello realizamos una sencilla solución que fue modificar ligeramente los deslizadores. Esta modificación conllevaría que en la cara frontal de estos deslizadores habría que hacer una hendidura circular de medio centímetro de profundidad que serviría de soporte para asentar las varillas para su soldadura.

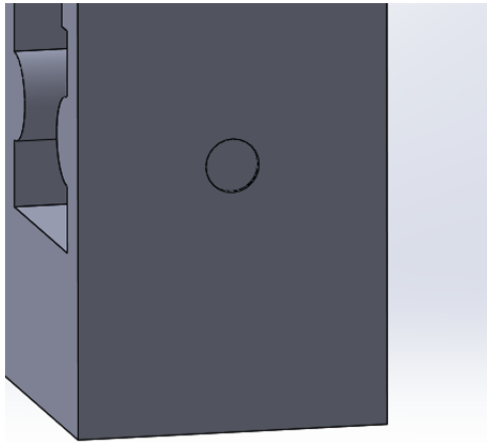


Imagen 65 Modificación en los deslizadores

### 7.5.2 VARILLAS DE UNIÓN:

El diseño de estas varillas no fue demasiado complicado, únicamente hizo falta seguir el esquema del posicionamiento de las garras y generar una varilla de un diámetro lo suficientemente grande como para no doblarse al levantar la carga y con un doblado a  $31^\circ$  para que tuviésemos espacio para colocar nuestras garras con un diámetro mínimo. En método de unión con el cuerpo de las garras para bolsas se haría por medio de una rosca de M6 y posteriormente un soldado alrededor de la unión para darle mayor solidez.

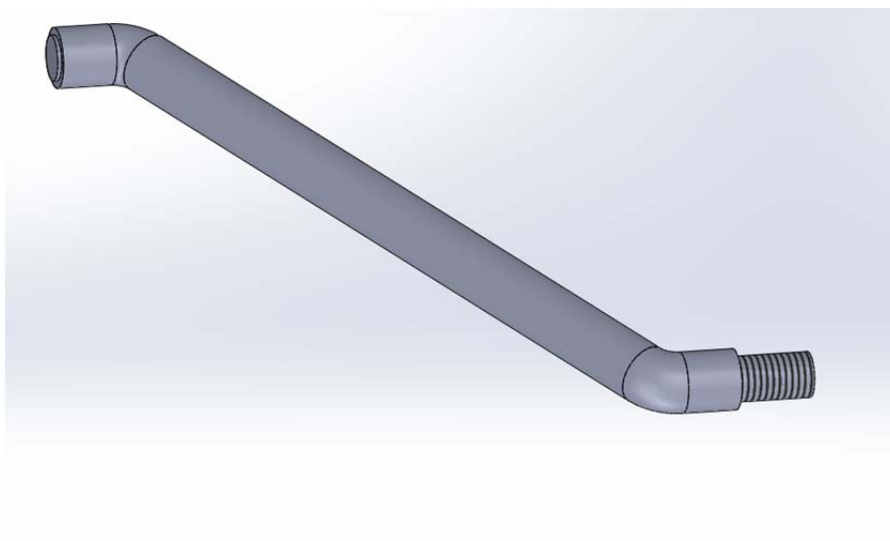


Imagen 66 Imagen de las varillas de unión garras de bolsas con deslizadores



### 7.5.3 CUERPO DE LAS GARRAS PARA BOLSAS:

En este punto se decidió que, por motivos de estabilidad, era recomendable que los sacos/bolsas fuesen sujetos por más de un par de dedos, por lo que el cuerpo se diseñó para que este alojase dos pares de garras separados una distancia entre sí; se recubrió a una forma prismática por la sencillez de su construcción y facilidad para montar los componentes. Se dispuso el agujero con métrica 6 para unir a los brazos de unión y se realizó un agujero pasante y roscado de extremo a extremos para la sujeción de las garras por medio de dos tornillos contrapuestos.

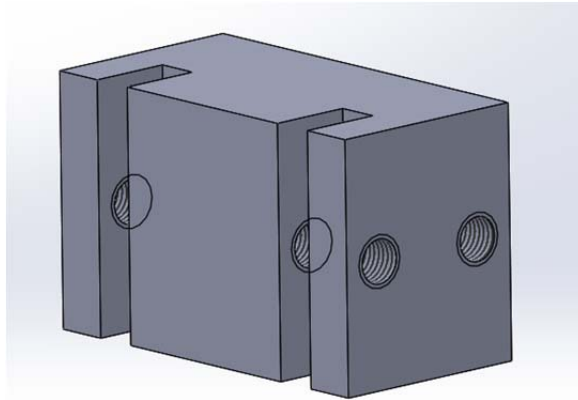


Imagen 67 Cuerpo principal de la garra para bolsas

### 7.5.4 DISEÑO DE LAS GARRAS:

Por último sólo era necesario realizar el diseño de las garras; estas se realizaron en una pieza, la cual dispone de una forma de elipsoide pero con el centro aplanado para que encaje perfectamente con el cuerpo de las garras. Se le realizó un agujero roscado en su centro para poder unir las al cuerpo de la herramienta.

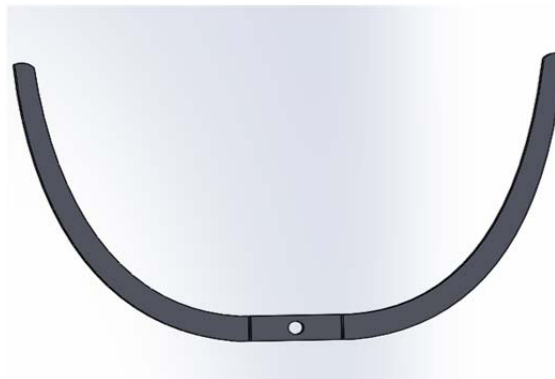


Imagen 68 Garras principales de la garra para bolsas

### 7.5.5 ENSAMBLAJE DE LOS COMPONENTES CON EL MECANISMO EXISTENTE:

Una vez diseñados los componente de esta parte de la herramienta (la parte para agarrar las bolsas), se procedió a ensamblar los componentes entre sí y con el mecanismo previamente formado de la mordaza paralela; nuevamente se emplearon los tornillos pertinentes para la unión de los elementos entre sí.

El resultado de la garra herramienta quedó como se puede apreciar en la siguiente imagen, el mecanismo completo a falta de la realización de las carcasas:

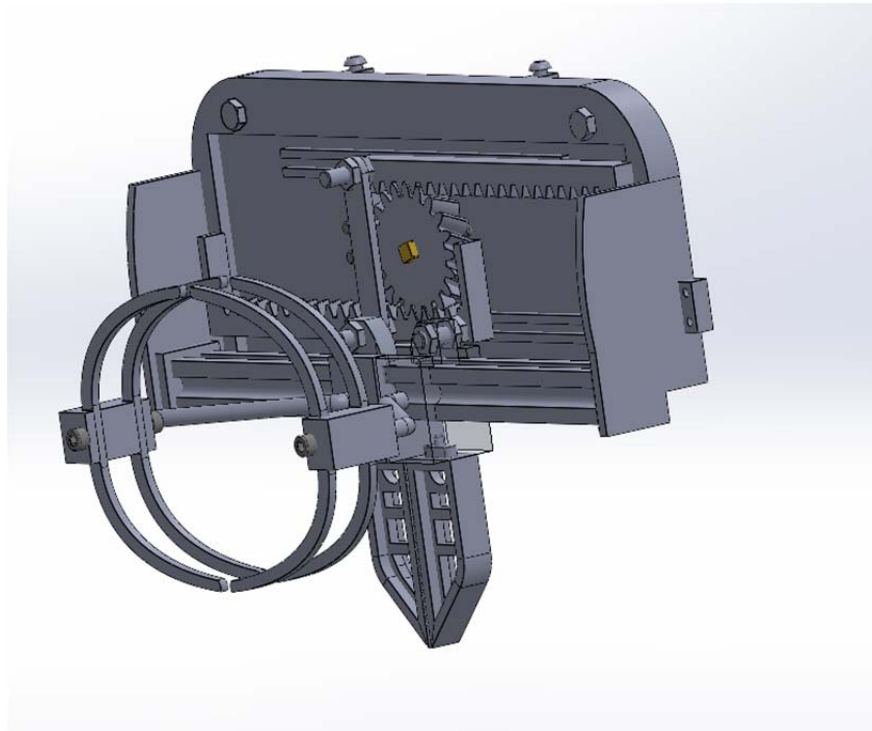


Imagen 69 Mecanismos completos de la herramienta robótica (vista isométrica y cerrado)

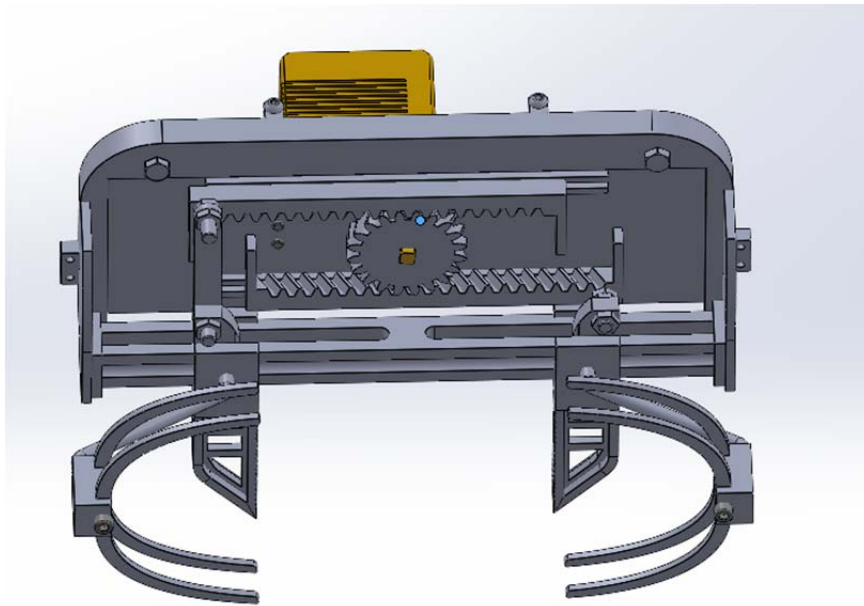


Imagen 70 Mecanismo completo de la herramienta robótica (vista cenital mientras se abre)

#### 7.5.6 MEJORA DEL MECANISMO:

Aunque tras este paso nos lanzamos a realizar las partes de la carcasa de la herramienta, tras un estudio posterior en el funcionamiento de la herramienta, nos dimos cuenta de dos defectos en el diseño: el primer defecto era que no se podía agarrar bolsas de un diámetro inferior al diámetro que daba la garra posterior cuando el mecanismo de central estaba en posición de cerrado (con los deslizadores en la zona central de la corredera) y el segundo defecto eran los brazos que unían los deslizadores con la garra para bolsas.

El problema segundo, presente en los brazos, era que primeramente tenían una forma angular, lo que para conseguir dar esta forma a unas varillas de 12 mm de diámetro suponía un cierto problema constructivo (por requerir una dobladora con la fuerza suficiente para doblar estas varillas) y por otro lado se planteaba el problema de que al ser soldadas, debían soldarse de manera que estos brazos mantuviesen el paralelismo con la base de los deslizadores, lo cual es complicado de realizar además de requerir ciertos utillajes especiales que deberían de diseñarse previamente.

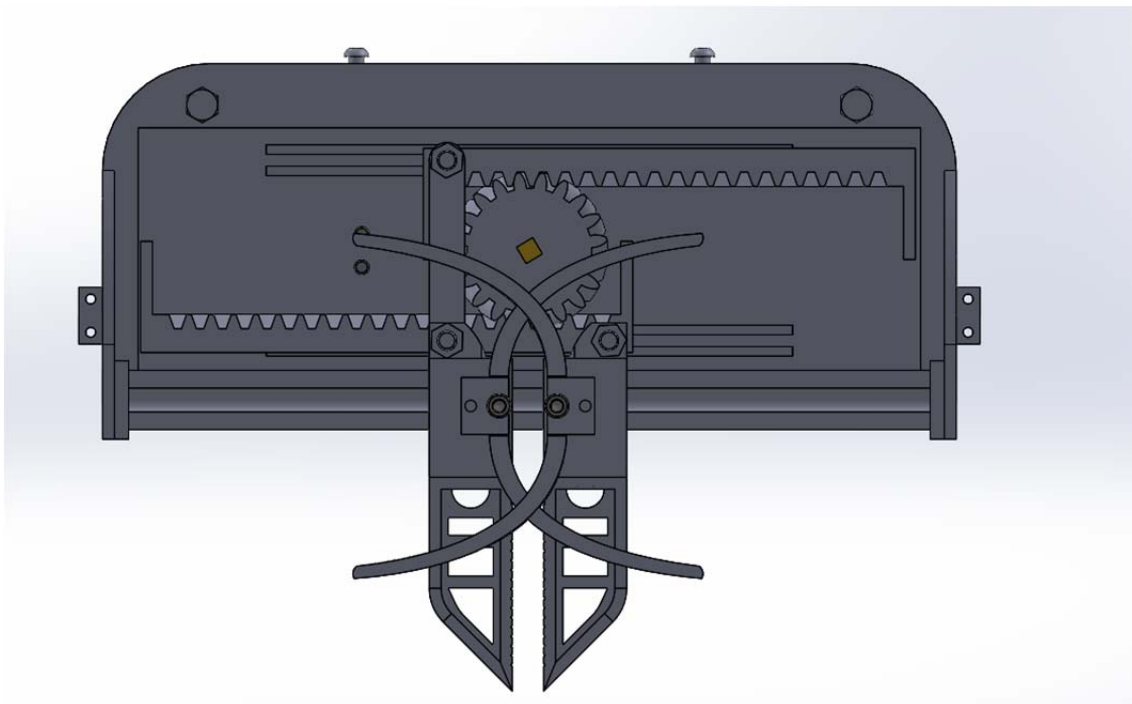
Para solventar estos dos problemas, se decidió remodelar los brazos de la herramienta, siendo esta vez unos brazos rectos y uno de ellos con una longitud ligeramente menor, además de reducir su tamaño de 12 a 8 mm. Esto solventaba los problemas constructivos y de ensamblaje de los brazos a los

deslizadores y además permitía que, al ser uno más corto que otro, que las garras quedasen descentradas entre sí dándonos la posibilidad de reducir el taño del diámetro mínimo de las bolsas que podía agarrar, vamos, que podíamos agarrar bolsas de tamaño muy inferior al que podíamos agarrar previamente.



**Imagen 71 Brazos modificados**

Así pues el mecanismo de nuestra herramienta de pick and place queda de la siguiente manera:



**Imagen 72 Mecanismos herramienta definitivo (vista frontal, cerrado)**

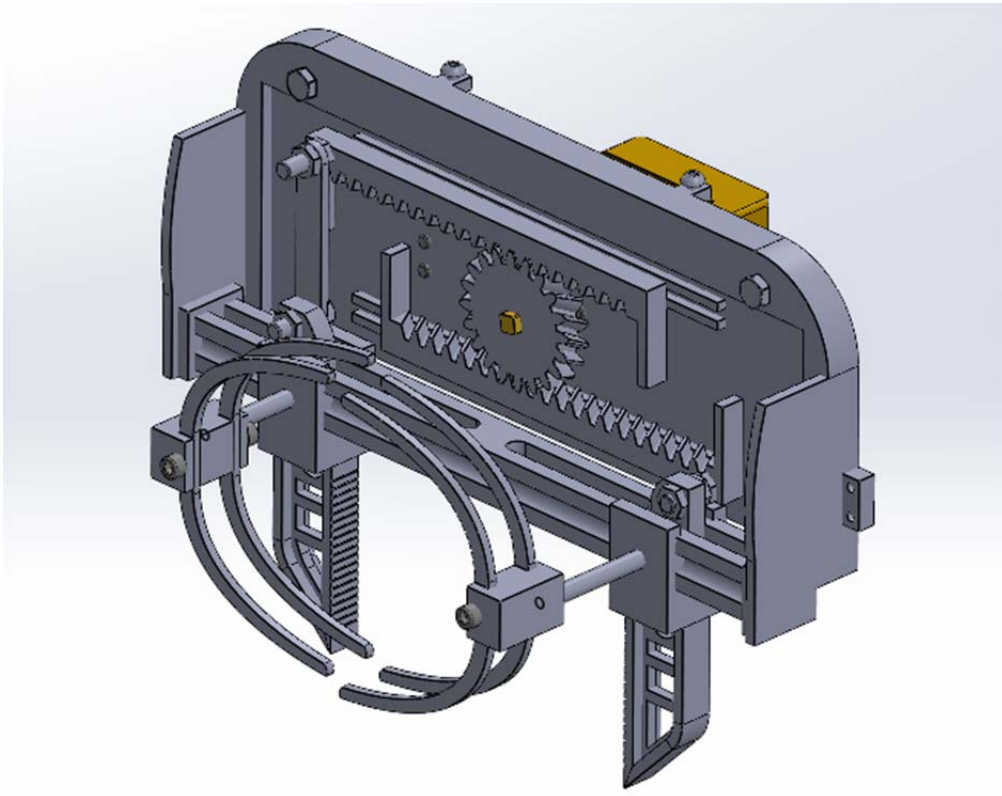


Imagen 73 Mecanismos herramienta robótica definitivo (vista isométrica, en apertura)

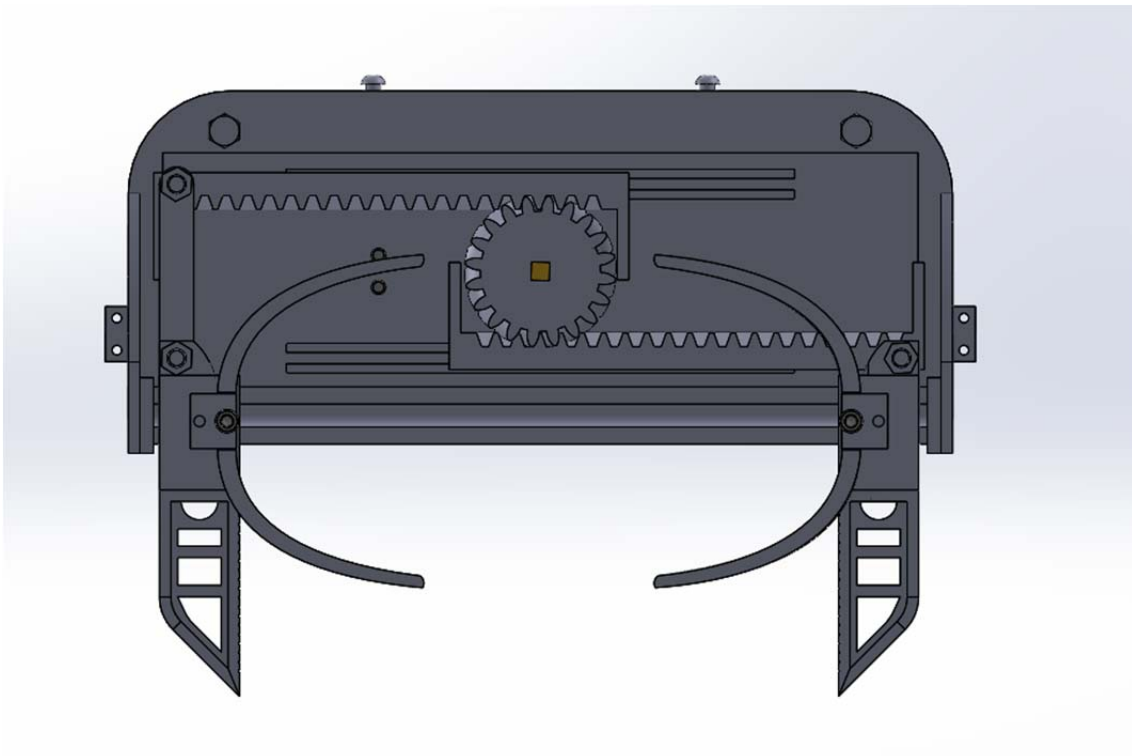


Imagen 74 Mecanismos herramienta robótica definitivo (vista frontal, máximo recorrido)

## 7.6 DISEÑO DE LA CARCASA:

Tras tener el diseño completo de nuestro mecanismo, sólo quedaba por terminar de diseñar la carcasa de la herramienta, la cual tendría dos funciones (3 si contamos la carcasa mordaza que amordazaba a la corredera), sujetar y unir nuestra herramienta con el brazo robótico a la muñeca de este y evitar que se ensucien de polvo u otras partículas los mecanismos de la herramienta (pues esto podía provocar averías e incluso un funcionamiento defectuoso), además de embellecer a la máquina y proteger de posibles golpes que pudiera tener la herramienta.

La carcasa se diseñó en dos partes, una parte inferior que serviría de sujeción con la muñeca del robot y una parte superior que cubriría el frente y la parte superior de la herramienta.

### 7.6.1 CARCASA INFERIOR/BRIDA DE UNIÓN:

Lo primero que diseñaremos serán la parte inferior de la carcasa, a la cual estará acoplada a la brida de unión que enlaza con la muñeca del brazo robótico, para diseñar esto, primero fue necesario conocer las especificaciones de la brida de unión del brazo robótico KUKA.

#### Brida de acople

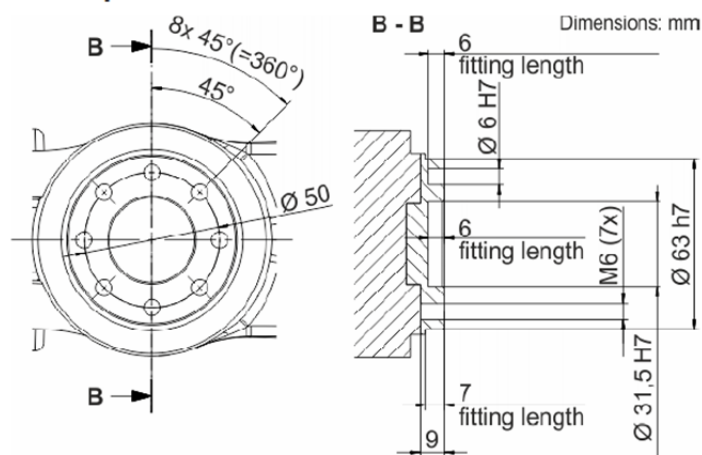


Imagen 75 Brida de acople con el robot (dado por el fabricante)

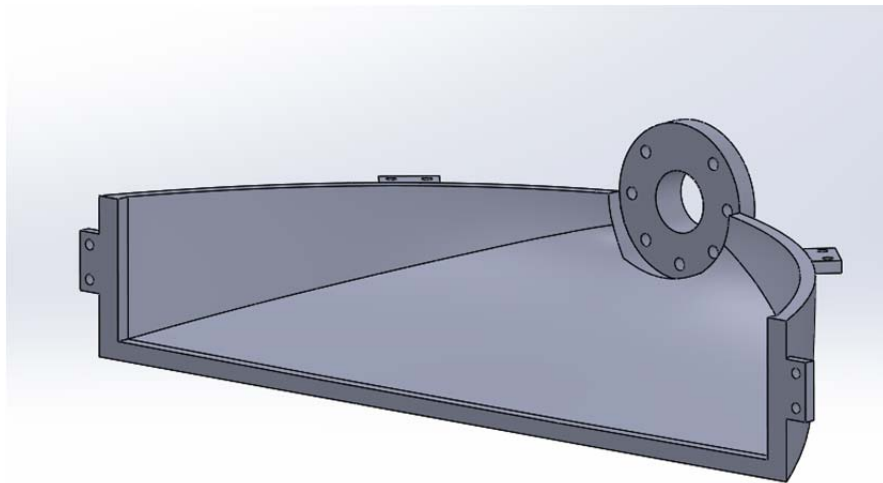
Siguiendo las especificaciones del fabricante para realizar la brida de acople, se situó esta brida de manera que esta quedase en el centro de la herramienta, a una distancia suficiente como para que cupiese centro el motor y todos los aparatajes eléctricos que fuesen necesarios; en la brida se dejó un hueco

central pensado para que pudiese pasar a través de este todo el cableado eléctrico que provenga del brazo robótico.

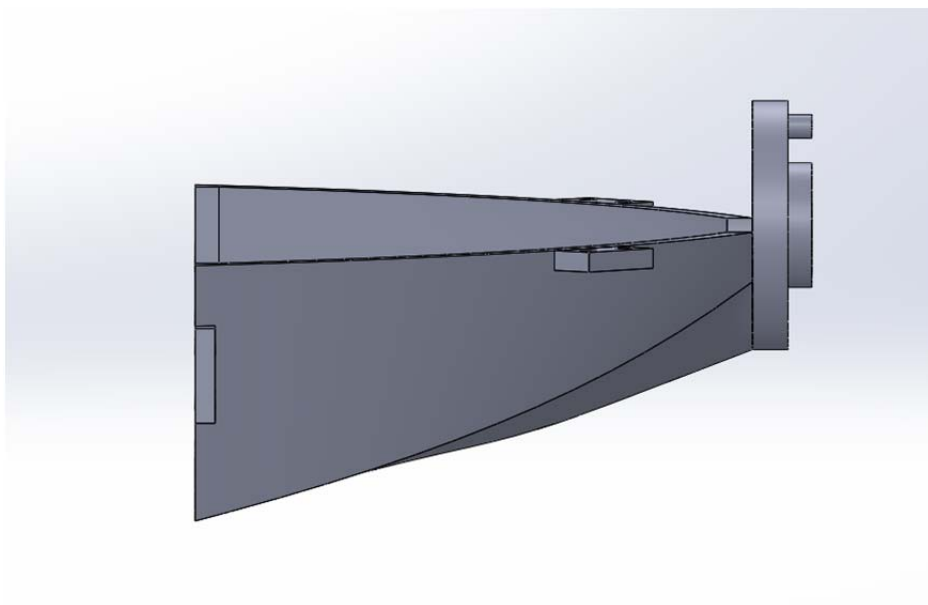
Una vez planteada la posición de la brida de acople, se procedió a realizar la forma de la carcasa, determinada por una curvatura en modo de spline, con el objetivo de conseguir un resultado con cierta curvatura y con cierta estética.

Una vez conformado la carcasa, sólo quedo añadir los diferentes puntos de sujeción a las otras partes de la carcasa y a la herramienta en sí la cual se haría por dobles parejas de tornillos de métrica 6.

El resultado obtenido fue el siguiente:



**Imagen 76 Resultado de la carcasa inferior (vista isométrica)**



**Imagen 77 Carcasa inferior (vista lateral)**

### 7.6.2 CARCASA SUPERIOR:

Para poder realizar esta carcasa, fue necesario tener montado el resto del modelo tridimensional, pues el diseño de esta carcasa fue complejo y todo condicionado por la geometría de los mecanismos de la herramienta.

Mencionaremos como particularidades de esta carcasa, que se diseñó con la intención de cubrir todo el frente y la parte superior de la herramienta, de manera continua y de modo que envolviese a la carcasa mordaza acoplada previamente a la placa de sujeción. Otro punto a destacar es que se trató de realizar con una forma lo más curvilínea posible para dotarlo de una cierta estética y armonía con su homóloga de la parte inferior. Como detalle final recalcar, que a diferencia que en la carcasa inferior, donde la brida se encuentra en la parte trasera de la carcasa, en esta carcasa superior, se pretendió cubrir la brida de sujeción para proteger tornillos y muñeca del robot, a la vez que provocásemos una imagen como de continuidad entre el brazo y la herramienta.

Esta carcasa fue realiza en la mitad de grosor que la carcasa inferior puesto que esta carcasa no tenía que hacer acciones de anclaje, únicamente de embellecimiento y de protección de los elementos internos frente a partículas, humedades y golpes suaves

Nuevamente, se dispuso de torretas para tornillos con la finalidad de enlazar esta carcasa con las partes ya existentes de la herramienta; el resultado final fue el siguiente:

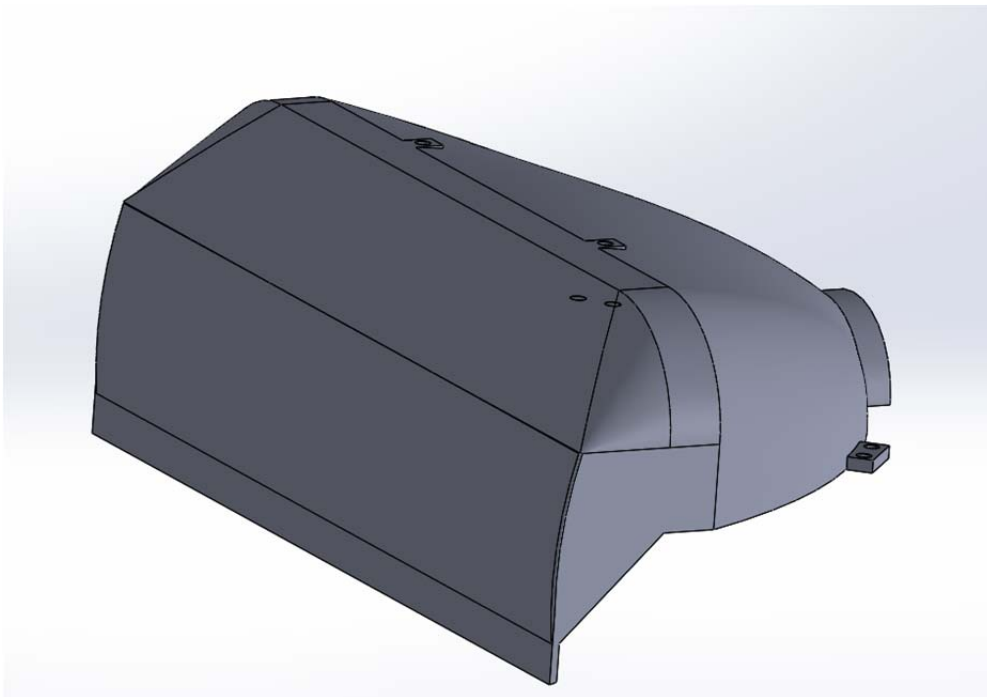


Imagen 78 Carcasa superior de la herramienta



## 7.7 MONTAJE COMPLETO Y RESULTADO FINAL:

Una vez diseñadas todas las partes de la herramienta robótica, procedimos a ensamblarlas (sobre todo la parte de los mecanismos con la parte de las carcasas y con motivos estéticos, se le aplicó a las carcasas un último acabado de pintura brillante para mostrar un poco el efecto deseado cuando esta herramienta esté construida.

Los colores elegidos para estos acabados de la carcasa son el naranja y el gris marengo, de manera que hagan juego con el color del brazo robótico KUKA (robots que son característicos por llevar una pintura naranja en sus carcasas).

El resultado final de la herramienta finalizada sería el siguiente:

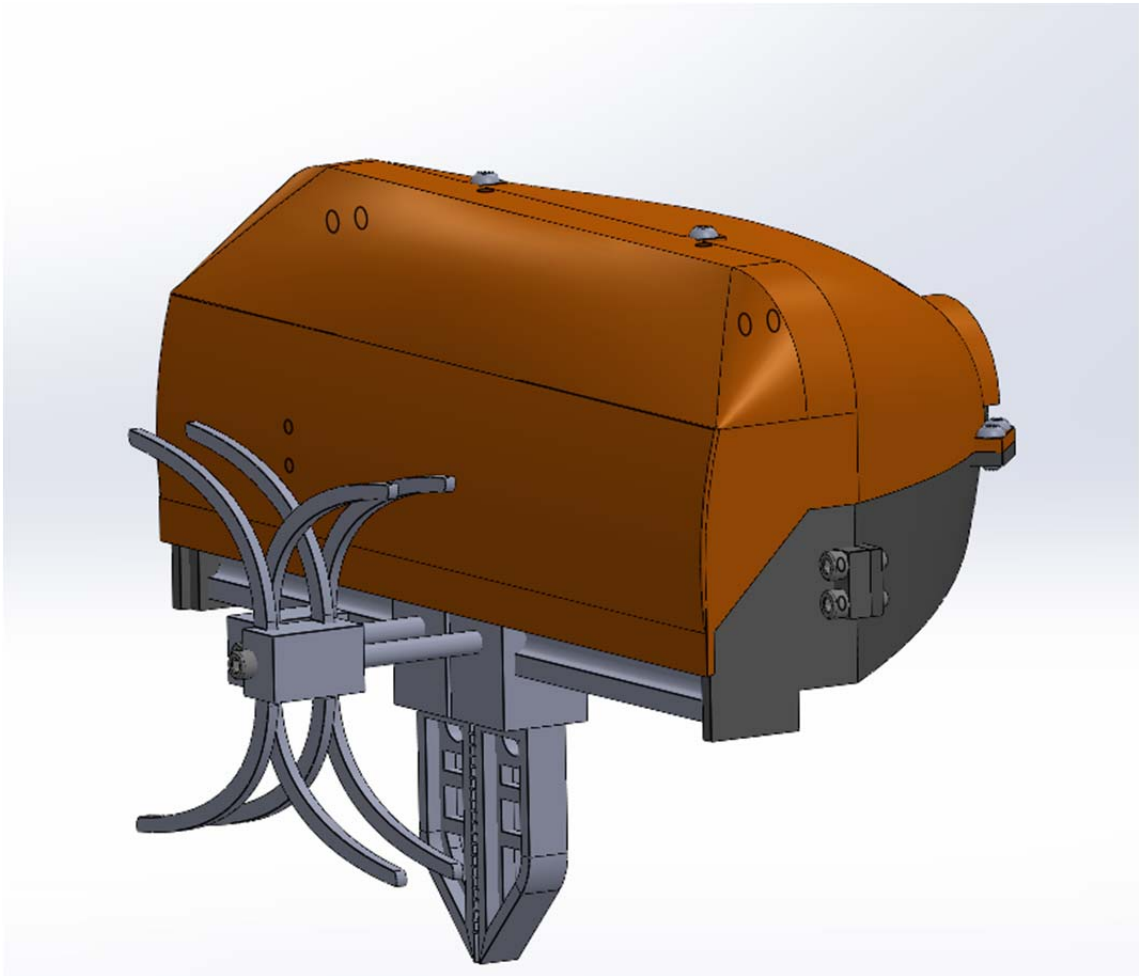


Imagen 79 imagen del conjunto completo con su estética

## 8. ELECCIÓN DE MATERIALES:

En este apartado vamos a hablar sobre los materiales elegidos para cada una de las partes de la herramienta, así como sus propiedades más características y el criterio de elección de estos materiales:

### 8.1 ACERO AISI 1050

Este es un acero de contenido medio en carbono, empleado generalmente en aplicaciones como engranajes, ejes, tornillos, hoces, cuchillos, martillos... (6)

Es un acero que presenta la siguiente composición química:

Fe	Mn	C	S	P
98,46-98,42%	0,6 – 0,9 %	0,47 – 0,55 %	0,05 %	0,04 %

Las propiedades mecánicas características de este acero son las siguientes:

Módulo Elástico	190 - 210GPa
Límite Elástico	580 MPa
Tensión de Rotura	690 MPa
Módulo de Compresión	140 GPa
Módulo de Cortadura	80 GPa
Coefficiente de Poisson	0,27 – 0,30
Elongación (50mm)	10 %
Reducción de Área	30 %
Dureza	197 HB

Este es un acero con una buena maquinabilidad (es fácil de mecanizar) pero presenta algunos problemas para soldar, pues es necesario soldarlo con un acero de menor contenido en carbono y generalmente requiere de un previo tratamiento de calentamiento antes de su soldadura. Además es un acero que tiene una buena templabilidad. (6)

Este es el acero que ha sido elegido por sus usos más comunes y sus propiedades mecánicas para emplearlo en las siguientes partes de nuestra herramienta:

- Corredera
- Engranaje
- Cremalleras

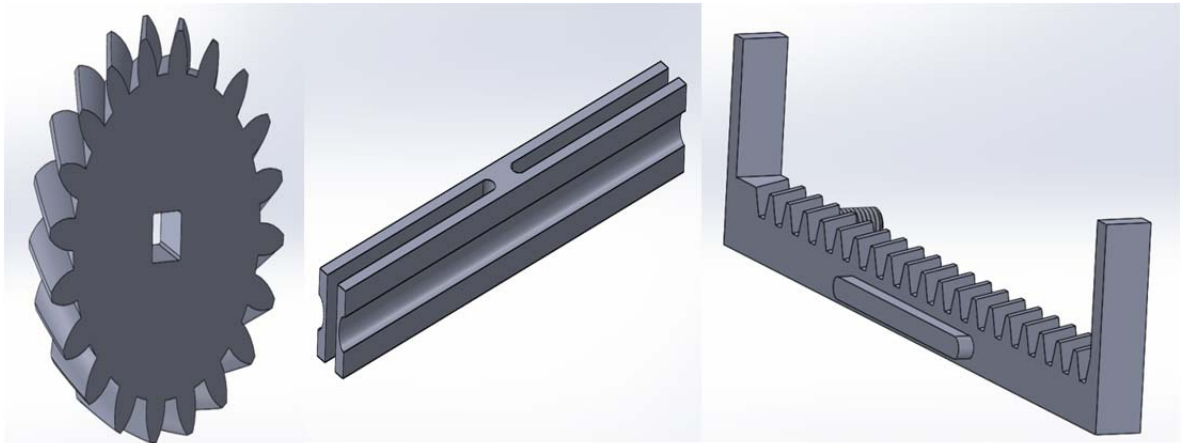


Imagen 80 Componentes realizados en AISI 1050

## 8.2 ACERO AISI 1020:

Este es un acero con bajo contenido de carbono, con trazas de otros elementos como reflejaremos en la siguiente tabla:

Fe	Mn	C	S	P
98,43-98,08%	0,3 – 0,6 %	0,18-0,23 %	0,05 %	0,04 %

Las propiedades mecánicas características de este acero son las siguientes:

Módulo Elástico	205 GPa
Límite Elástico	350MPa
Tensión de Rotura	420 MPa
Módulo de Compresión	205 GPa
Módulo de Cortadura	80 GPa
Coefficiente de Poisson	0,29
Elongación (50mm)	15%
Reducción de Área	30 %
Dureza	121 HB

Es un acero que presenta una buena maquinabilidad, así como responde bien a los procesos de soldadura, aunque por el contrario partida no son muy aptos para realizarles tratamientos térmicos, pero pueden ser endurecidos por tratamientos de cementación, poseen mala templabilidad (salvo que se haya cementado previamente) aunque con un calentamiento en torno a los 850°C y enfriado en fría es capaz de adquirir cierta dureza. Es un acero muy empleado para métodos de conformado debido a su alta ductilidad respondiendo muy bien a los trabajos en forjado en caliente y moldeo en frío.

Este acero ha sido elegido por sus buenas propiedades mecánicas y por el hecho de que es un acero bastante agradecido para ser soldado, para las siguientes partes de nuestra herramienta:

- Deslizadores
- Brazos de los deslizadores
- Cuerpo de la garra para bolsas
- Garras para bolsas.

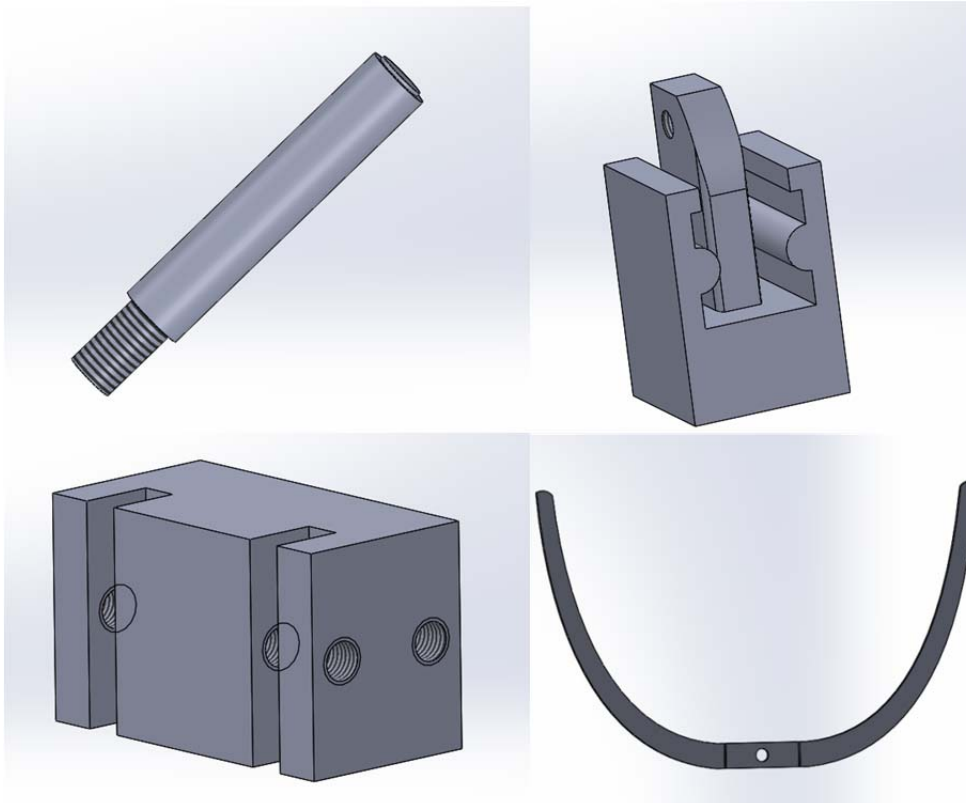


Imagen 81 Partes realizadas en acero AISI 1020

### 8.3 POLÍMERO ABS:

El ABS es un copolímero conformado por acrilonitrilo y estireno combinado con la estructura del butadieno; es un material que presenta la siguiente estructura:

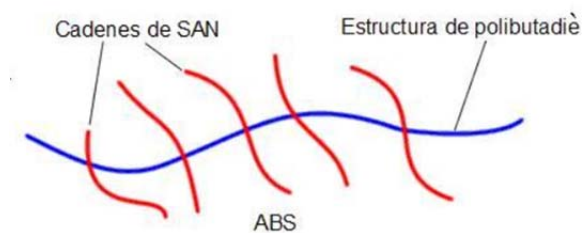


Imagen 82 Estructura del ABS

Las propiedades mecánicas de este copolímero son las siguientes:

Módulo Elástico	1.1 - 2.9 GPa
Resistencia a la Tracción	27,6 - 55,2 MPa
Resistencia a la Flexión	47,8 - 76 MPa
Resistencia a la Compresión	31 - 86,2 MPa
Coefficiente de Poisson	0,391 – 0,422
Dureza	5,6 – 15,3 HV

Se trata de un material opaco de un color marrón claro con baja resistencia a la radiación UV, mecanizable, conformable por inyección, extrusión, soplado y prensado, presenta buenas aptitudes para poder ser termo conformado (aunque las planchas donde se termoconforme deben de estar secas, pues sino podrían aparecer burbujas), puede ser tintado, se le pueden aplicar acabados metálicos, puede ser grabado/cortado por medio de láser y además es un plástico reciclable (7).

Debido a la capacidad de este material para ser termoconformado, por ser apto para una fabricación por inyección y por ser además un plástico reciclable con buenas propiedades mecánicas, es el material que se ha elegido para las siguientes partes de la herramienta:

- Carcasa Superior
- Carcasa inferior
- Carcasa Mordaza
- Placa soporte

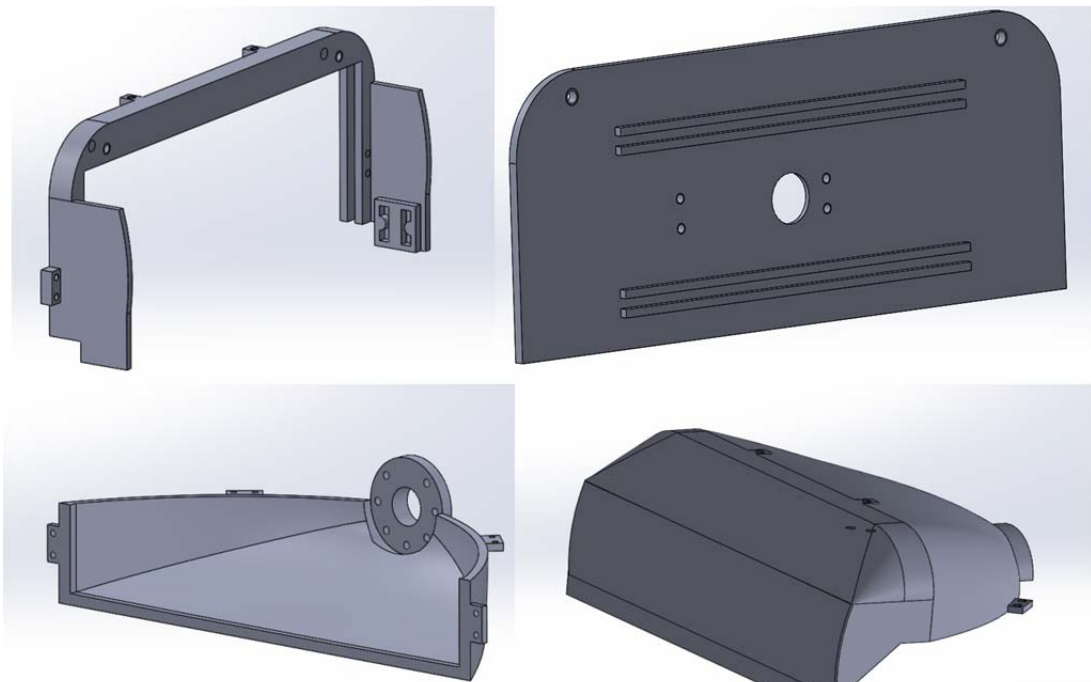


Imagen 83Partes realizadas en ABS

## 8.4 POLÍMERO SINTÉTICO DE CAUCHO:

El caucho empleado en concreto es un caucho mezclado con butadieno, el cual es un caucho de tipo sintético que podemos emplear para moldeo de piezas.

Las propiedades mecánicas de este material son las siguientes:

Módulo Elástico	1,74 MPa
Tensión de rotura	1,13 MPa
Elongación	223 5
Módulo de Young	1,72 MPa

Este tipo de caucho posee una matriz compuesta de fibras de caucho natural con fibras de butadieno, presenta unos elevados valores de elongación (alargamiento) como elastómero que es, lo que le confiere gran flexibilidad al material, además, presentan módulos elásticos y tensiones de rotura pequeñas, por lo que no está diseñado para someterlo a grandes esfuerzos. (8)

En nuestro caso, debido a que este material es muy deformable y fácil de catalizar en un molde, será empleado para los recubrimientos de las garras deformables (mientras que el resto de la pieza será en un AISI 1020).

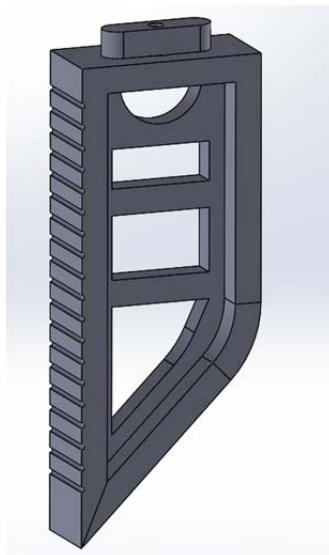


Imagen 84 Componentes fabricados en Caucho-butadieno

## **9. PROCESOS DE FABRICACIÓN:**

En este apartado hablaremos sobre los procesos de fabricación que deben de llevar nuestras respectivas partes del gripper que hemos diseñado, los cuales serán descritos pieza por pieza.

### **9.1 FABRICACIÓN DEL ENGRANAJE:**

El proceso de fabricación del engranaje se hará completamente por medios de arranque de viruta (mecanizado), comenzando con un torneado para darle la preforma inicial, seguido de un fresado para el agujero del eje (por ser rectangular) y el tallado de los dientes por medio de una entalladora.

### **9.2 FABRICACIÓN DE LAS CREMALLERAS:**

Nuevamente se realizará en su totalidad por mecanizado, en su mayoría fresado para todo el sólido, tallado con entalladora para el dentado y roscado manual o en fresadora para la rosca que poseen.

### **9.3 FABRICACIÓN DE LA CORREDERA:**

Esta pieza se hará en su totalidad por fresado y una vez se haya realizado la forma a medida de la pieza, se trabajará el acabado superficial de las caras laterales y superiores por rectificado.

### **9.4 FABRICACIÓN DE LOS DESLIZADORES:**

Los deslizadores se fabricarán en su totalidad por medios de mecanizado, concretamente por fresado (taladrado incluido), posteriormente se tendrá que realizar una operación de soldado entre estas piezas y los brazos de la garra para bolsas; el soldado puede ser por medio de una soldadura de TIG.

## **9.5 FABRICACIÓN DE LOS BRAZOS:**

Estos brazos se realizarán por medio de torneado en su totalidad, incluyéndose el roscado de la pieza; una vez construido, requerirá de operaciones de soldado para acoplarse a deslizadores y al cuerpo principal de la garra para bolsas; el soldado puede ser por medio de una soldadura de TIG..

## **9.6 FABRICACIÓN DEL CUERPO PRINCIPAL DE LA GARRA PARA BOLSAS:**

Otra vez más se realizará la construcción en su totalidad por operaciones de mecanizado, empleándose operaciones de fresado, taladrado y roscado en fresadora o centro de mecanizado. Una vez construido requerirá de soldado con los brazos de la garra para bolsas; el soldado puede ser por medio de una soldadura de TIG.

## **9.7 FABRICACIÓN DE LAS GARRAS DE PINZAS PARALELAS:**

La fabricación de estas garras se harán por operaciones corte en una cortadora de agua o en una cortadora láser (preferiblemente cortadora de agua por ser un método más económico y no requerir de tolerancias muy ajustadas).

## **9.8 FABRICACIÓN DE LAS GARRAS DEFORMABLES:**

Estas garras se fabricarán en 4 procesos; un primer proceso de fresado para hacer la parte superior de unión, un segundo proceso de plegado del fleje, seguido de un proceso de soldado entre la parte superior y el fleje; por último se le realizará el recubrimiento por medio de moldeo, que puede ser por gravedad, rotomoldeo, o moldeo por inyección, dependiendo de si la producción será limitada o será en serie (gran cantidad de unidades).



## **9.9 FABRICACIÓN DE LA PLACA SOPORTE:**

Aquí se diferenciarán dos procesos de fabricación; para una fabricación de series cortas, se empleará un proceso de arranque de viruta por operaciones de fresado, taladrado y roscado en fresadora o centro de mecanizado.

Para la fabricación en serie, se procederá mediante procesos de inyección para la obtención de la pieza.

## **9.10 FABRICACIÓN DE LA CARCASA MORDAZA:**

Al igual que en el caso anterior, se producirá la fabricación ateniéndose a dos maneras de fabricación.

Para una fabricación de series cortas se optará por un proceso de fresado, taladrado y posterior roscado, todo realizado en fresadora o centro de mecanizado.

Para una fabricación en serie, se volverá a optar por una fabricación por medio de inyección.

## **9.11 FABRICACIÓN CARCASA INFERIOR:**

Como viene ya siendo para la producción de otros componentes relacionados con las cubiertas y carcasas, se distinguirán dos procesos de fabricación diferentes.

En el caso de fabricarse en serie, se optará por una fabricación por procesos de inyección.

En el caso de una fabricación de series cortas, se optará por la formación por medio de termoconformado.

## **9.12 FABRICACIÓN DE LA CARCASA SUPERIOR:**

Al igual que en el caso anterior, existirán dos procesos de fabricación.

Para series cortas, se empleará un proceso de termoconformado por vacío, mientras que, para la producción en serie de la herramienta, esta pieza se realizará por medio de inyección de plástico.

### **9.13 FABRICACIÓN DEL CONECTOR CREMALLERA SUPERIOR CON DESLIZADOR:**

Para el conformado de esta pieza se realizará por un primer proceso de corte en cortadora por agua o cortadora láser (dándose prioridad al corte por agua al ser más económico) y un proceso posterior de roscado (mediante roscado con macho preferiblemente frente a roscado por fresadora).

## 10. PRESUPUESTO:

CONCEPTO	UNIDADES	COSTE UNIDAD	COSTE TOTAL CONCEPTO
Material: ACERO AISI 1050	1,713 Kg	1,068€/kg	1,83 €
Material: ACERO AISI 1020	1,306 Kg	1,068 €/kg	1,11 €
Material: PLÁSTICO ABS	1,362 Kg	2,87 €/Kg	3,91 €
Material: CAUCHO BUTADIENO	0,0549 Kg	1, 2429 €/Kg	0,07 €
Trabajo: HORA DE MECANIZADO	3,5h	50€/h	175 €
Trabajo: CORTE POR MÁQUINA DE AGUA	2,2h	140€/h	308 €
Trabajo: Soldadura TIG	0,5h	60€/h	30 €
Trabajo: Montaje	0,75h	50€/h	37,50 €
Tornillo M8	9 unidades	0,20€/unidad	1,80 €
Tornillo M6	13 unidades	0,18€/unidad	2,34 €
Tuercas M8	6 unidades	0,13€/unidad	0,78 €
<b>COSTE PARCIAL</b>			562,34 €
<b>IVA</b>			21% 118, 09€
<b>COSTE TOTAL</b>			680,43 €

## **11. COMPROBACIÓN DE ESPECIFICACIONES:**

En este apartado haremos un repaso por las especificaciones establecidas para la unidad de empaquetado y para nuestra herramienta robótica y comprobaremos si se han cumplido o no:

### **11.1 ESPECIFICACIONES DE LA UNIDAD DE EMPAQUETADO:**

- El coste de la instalación de la línea, incluyendo el brazo robótico, el utillaje para colocar y asegurar los carritos, sistema de evacuación de los paquetes terminados, accesorios del brazo robótico (como las garras) y protecciones necesarias, no superen un importe mayor a 250.000 €.

Esta especificación se cumple, puesto que el coste aproximado de la instalación es menor a 200.000€

- Toda la instalación de la unidad de empaquetado deberá de emplear únicamente energía eléctrica, la cual podrá ser de un voltaje máximo de 400V, siendo preferible el empleo de un voltaje de 230V (evitar montar instalaciones trifásicas si fuese posible).

Esta especificación se cumple puesto que solamente se alimenta al robot por medio de energía eléctrica.

- El brazo robótico deberá de tener capacidad de carga de 10kg.

Esta especificación se cumple, pues el robot KUKA KR16 R2010-2 posee una capacidad de carga de 20kg.

- Tras las operaciones de empaquetado, las bolsas con los productos deben de acabar todo empaquetado en un cajón para transporte que pueda ser cargado fácilmente por el personal del supermercado empleando para ello una pala cargadora.

Esto se cumple, puesto que las bolsas al estar llenas son depositadas por el robot en un cajón de transporte

- Se debe de cumplir la Ley de prevención de Riesgos Laborales y el RD 485/1997 de Señalización.

Esta ley se cumple, pues para prevenir riesgos y accidentes, se ha dotado a la unidad de un vallado de protección así como de señales de advertencia.

## **11.2 ESPECIFICACIONES DE LA HERRAMIENTA:**

- El coste total de fabricación de la garra no deberá de ser superior a 2500€.

Se cumplirá esta especificación pues el coste aproximado de fabricar esta herramienta girará en torno a los 680,40€.

- Debe de ser capaz de agarrar cualquier tipo de producto que se venda en un supermercado (botes de productos de limpieza, frutas, alimentos envasados, envases de otros bienes de consumo, etc).

En un principio esta especificación se cumple, puesto que el diseño de las garras permite agarrar gran diversidad de envases.

- Deberá de ser capaz de aguantar los esfuerzos de carga de 10kg.

Esto se cumple, puesto que el motor de la herramienta cuenta con más de 6Nm de par, el cual permitiría levantar una carga de hasta 20kg.

- Deberá de funcionar íntegramente con energía eléctrica (todos los actuadores que posea esta garra).

Esta especificación se cumple, pues la única fuente de energía que se suministra al único actuador (motor) es energía eléctrica de 24V continuos.

- Debe de ser capaz de ajustar la fuerza de agarre para coger tanto objetos delicados como objetos de peso elevado.

Esto se cumple ya que el motor es un servomotor, por lo que puede ejercerse la fuerza en intervalos de tiempo.

- Deberá de estar realizada en materiales que cumplan con la normativa sanitaria en cuanto a la manipulación de alimentos (Reglamento CE 852/2004 y RD 109/2010).

Este apartado también se cumple, puesto que los productos irán empaquetados (por lo que pueden ser agarrados por partes metálicas de acero) y las partes expuestas a la suciedad son materiales de caucho y ABS que están admitidos en este RD.

## **12. CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS:**

En este proyecto se ha diseñado un prototipo de línea de empaquetado automático, para la cual, entre otras cosas era necesario diseñar y construir una herramienta robótica capaz de agarrar los objetos desde un carrito del supermercado hasta introducirlo en bolsas. El diseño de la garra también se ha abarcado en este proyecto desde el principio hasta tener un prototipo de la garra.

### **12.1 LÍNEAS FUTURAS:**

Como líneas futuras a seguir en el campo del desarrollo de la estación de empaquetado, queda el diseño e implementación de los sistemas de control así como de la programación de los movimientos del brazo robótico y su herramienta. Como objetivo a largo plazo, queda que una vez esté establecida de manera funcional y eficiente esta línea de embolsado, quedará dar el siguiente paso y comenzar a adaptar estas células de embolsado para disponerlas también en las cajas registradoras, de manera que las labores de empaquetado en caja se realicen de manera automática, sin necesidad de intervenir los compradores o vendedores de los supermercados.

Como líneas futuras sobre el gripper robótico, quedará el construir un modelo funcional para realizarle pruebas tipo para ver que tal desempeña la función para la que fue diseñado, así como de pequeños ajustes en el diseño, como la optimización del diseño de las carcasas, como la corrección de algún defecto del diseño tras probar el modelo funcional. Otro aspecto a planificar en un futuro será la adecuación y optimización de los procesos constructivos de esta herramienta, en la cual quedan el desarrollo de moldes para la fabricación de las piezas por inyección y de la optimización en las labores de mecanizado de las máquinas herramientas, con el objetivo de reducir los tiempos de fabricación.

Otra vía que puede ser estudiada en un futuro es el diseño y desarrollo de nuevos dedos para las garras de apertura paralelas y de la garra de bolsas, con los cuales podría adecuarse la herramienta a otro fin diferente o incluso mejorarse la funcionalidad con la que fue creada.

## 13. BIBLIOGRAFÍA

1. **interempresas**. Canales sectoriales. [En línea] [Citado el: 8 de Marzo de 2023.] <https://www.interempresas.net/MetalMecanica/Articulos/194744-Euromaher-presenta-innovadores-sistemas-automaticos-de-empaquetado-y-paletizado.html>.
2. **Esnova**. Blog de Esnova. [En línea] [Citado el: 7 de Marzo de 2023.] <https://esnova.com/es/blog/almacenes-automatizados-usos-y-aplicaciones/>.
3. **EDS Robotics**. EDS Robotics. *EDS Robotics*. [En línea] EDS Robotics. [Citado el: 29 de Marzo de 2023.] <https://www.edsrobotics.com/blog/pick-and-place-que-es/>.
4. **Robotics Shop**. Robotics Shop. *Robotics Shop*. [En línea] [Citado el: 19 de Abril de 2023.] <https://roboticsshop.net/types-of-grippers-in-robotics/>.
5. *Universal robotic gripper based on the jamming of granular material*. **Eric Brown, Nicholas Rodenberg, John Amend y Heinrich M. Jaeger**. 44, s.l. : Physical Sciences, 2010, Vol. 107. 107 (44) 18809-18814.
6. **Azo Materials**. Azom.com. *Azom.com*. [En línea] Azo Materials. [Citado el: 26 de Mayo de 2023.] <https://www.azom.com/>.
7. **Universidad de Barcelona**. Materials. *Materials*. [En línea] [Citado el: 26 de Mayo de 2023.] <http://www.ub.edu/cmematerials/es/content/acrilonitrilo-butadieno-estireno-abs>.
8. *Mechanical property and structure of a butadiene rubber composite filled with syndiotactic polybutadiene resin*. **Yuki Takahashi, Xiaobin Liang, Ken Nakajima**. 33, Tokyo : Wiley Periodicals, Inc, 6 de Abril de 2019, Journal of Applied Polymer Science, Vol. 136, págs. 47934-47945.



ANEXO I:  
FICHA TÉCNICA DEL BRAZO  
ROBÓTICO



## KR 16 R2010-2



### Datos técnicos

Alcance máximo	3013 mm
Carga nominal	16 kg
Carga máxima	19,2 kg
Máxima carga adicional columna giratoria/brazo de oscilación/brazo	20 kg / 15 kg / 15 kg
Repetibilidad de posición (ISO 9283)	± 0,04 mm
Número ejes	6
Posición de montaje	Suelo; Techo; Pared; cualquier ángulo
Superficie de colocación	400,5 mm x 375 mm
Peso	aprox. 265 kg

### Datos de los ejes

Rango de desplazamiento	
A1	±185 °
A2	-185 ° / 85 °
A3	-126 ° / 175 °
A4	±350 °
A5	±130 °
A6	±350 °
velocidad con carga nominal	
A1	300 %
A2	175 %
A3	190 %
A4	400 %
A5	400 %
A6	650 %

### Condiciones de servicio

Temperatura ambiente durante el servicio	5 °C hasta 55 °C (338 K hasta 328 K)
--	--------------------------------------

### Tipo de protección

Tipo de protección (IEC 60529)	IP65
Tipo de protección marcapunta de robot (IEC 60529)	IP65

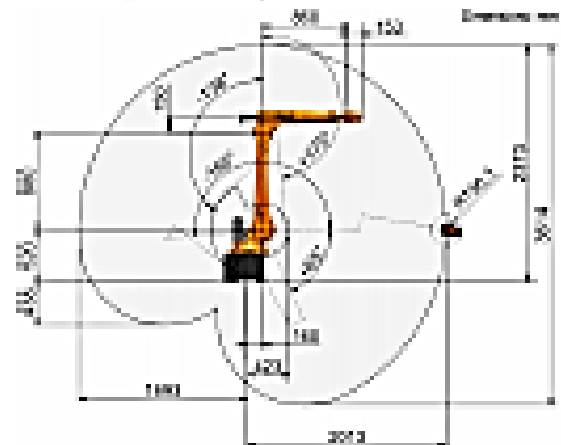
### Unidad de control

Unidad de control	KR C6; KR C4
-------------------	-----------------

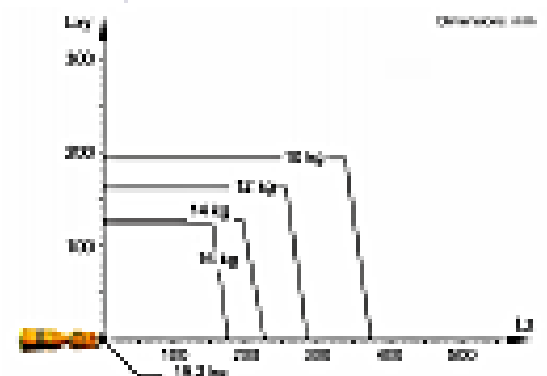
### Certificados

Requisito ESD	IEC61340-5-1; ANSI/ESD S33.20
---------------	-------------------------------

### Gráfica del campo de trabajo

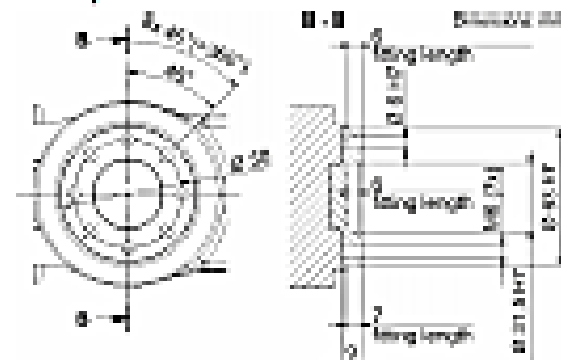


### Diagrama de cargas



KR 16 R2010-2 está configurado para una carga nominal de 16 kg para aprovechar de forma óptima el rendimiento y la dinámica del robot. Solo si la posición del centro de gravedad de la masa es de 5 mm y se le aplica una carga adicional optimizada para la situación de carga, se aplica la carga máxima de 19,2 kg. La situación de carga específica debe comprobarse con KUKA Load o KUKA Compass. Para un asesoramiento individual, póngase en contacto con KUKA Support.

### Bolsa de acople



**ANEXO II:**  
**FICHA TÉCNICA DEL MOTOR**

**“tough tech for tough environments“**

## **PA-R-340-7 servo-actuator**

**Pegasus**

Actuators GmbH



### **data sheet - technical specifications**

#### **Supply data:**

Operating voltage: 18 – 32 VDC  
Operating voltage typical: 24 VDC  
Standby current: 40mA

#### **Input signal:**

PWM signal, TTL level (standard)  
PWM signal, differential (RS485 transceiver) (optional)  
or RS485 data protocol (optional)

#### **PWM parameter:**

Frame rate: 2,6 - 1000ms  
Valid pulse length: 1,0 - 2,0ms  
left / center / right: 1,0ms - 1,5ms - 2,0ms

#### **Position feedback:**

analog, differential: 0-5V  
Scale factor: 27.78 mV/deg.

#### **Performance data:**

Maximum torque: > 1800Ncm (> 2540 oz-in.)  
Rated torque<sup>\*\*</sup>: 850Ncm (1200 oz-in.)  
Speed at rated torque: 160°/sec @28 VDC, 140°/sec @24 VDC  
No load speed: 200°/sec @24 VDC, 240°/sec @28 VDC  
Gear train backlash: < 0,5°  
Travel angle: ± 90° (-5%)  
Maximum Travel angle (optional): ± 170° (-5%)  
Slip clutch lock out momentum: >1800Ncm (2540 oz-in.) +20%  
Peak current - short time: 6,5A  
Stall current - continuous: 1,5A (limited)  
Minimum detectable signal step: max 0,25µsec. (adjustable)  
Weight: 750g (26,5 oz)

<sup>\*\*</sup>according to specifications of Pegasus Actuators GmbH

#### **Environmental data:**

Axial load on output shaft < 100N  
Operating temperature: -40°C - +70°C (-40°F - +158°F)  
Storage temperature: -40°C - +80°C (-40°F - +176°F)

#### **Environmental specifications:**

Vibration test: IEC 68-2-6 / EN 60068-2-6  
Shock test: IEC 68-2-32  
Protection class: IP67



**“tough tech for tough environments“**

## **PA-R-340-7 servo-actuator**



### ***data sheet - technical specifications***

#### ***Main components:***

##### ***Case:***

IP67 water and dust protected with solid vertical and horizontal 4-point fixation.  
material: CNC machined aluminum, bead blasted and anodized.

##### ***Gear train:***

hardened steel, spur gear type, 8 ball races or roller bearings with PA-SC overload protection output shaft.

##### ***Motor:***

Neodym-magnet BLDC motor, double ball raced.

##### ***Amplifier:***

digital positioning controller

##### ***Sensor travel angle:***

mechanical: 360° (no end stops)  
electrical - (standard):  $\pm 90^\circ$   
electrical - (optional):  $\pm 160^\circ$

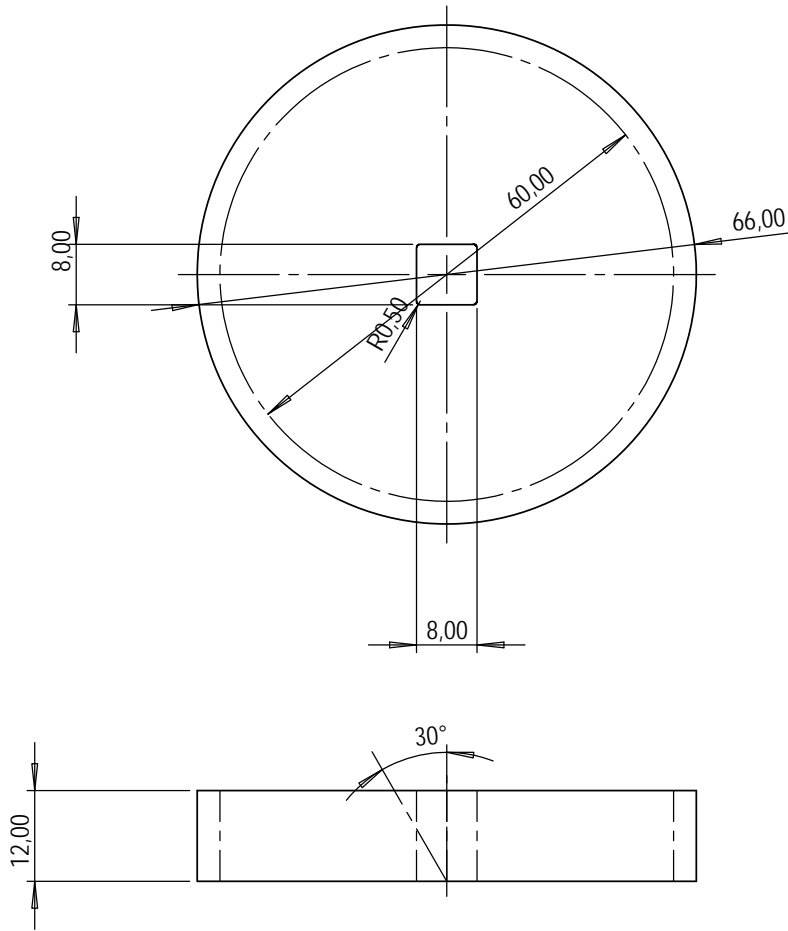
##### ***Actuator connector:***


D -Sub male, 9-pin, IP 67

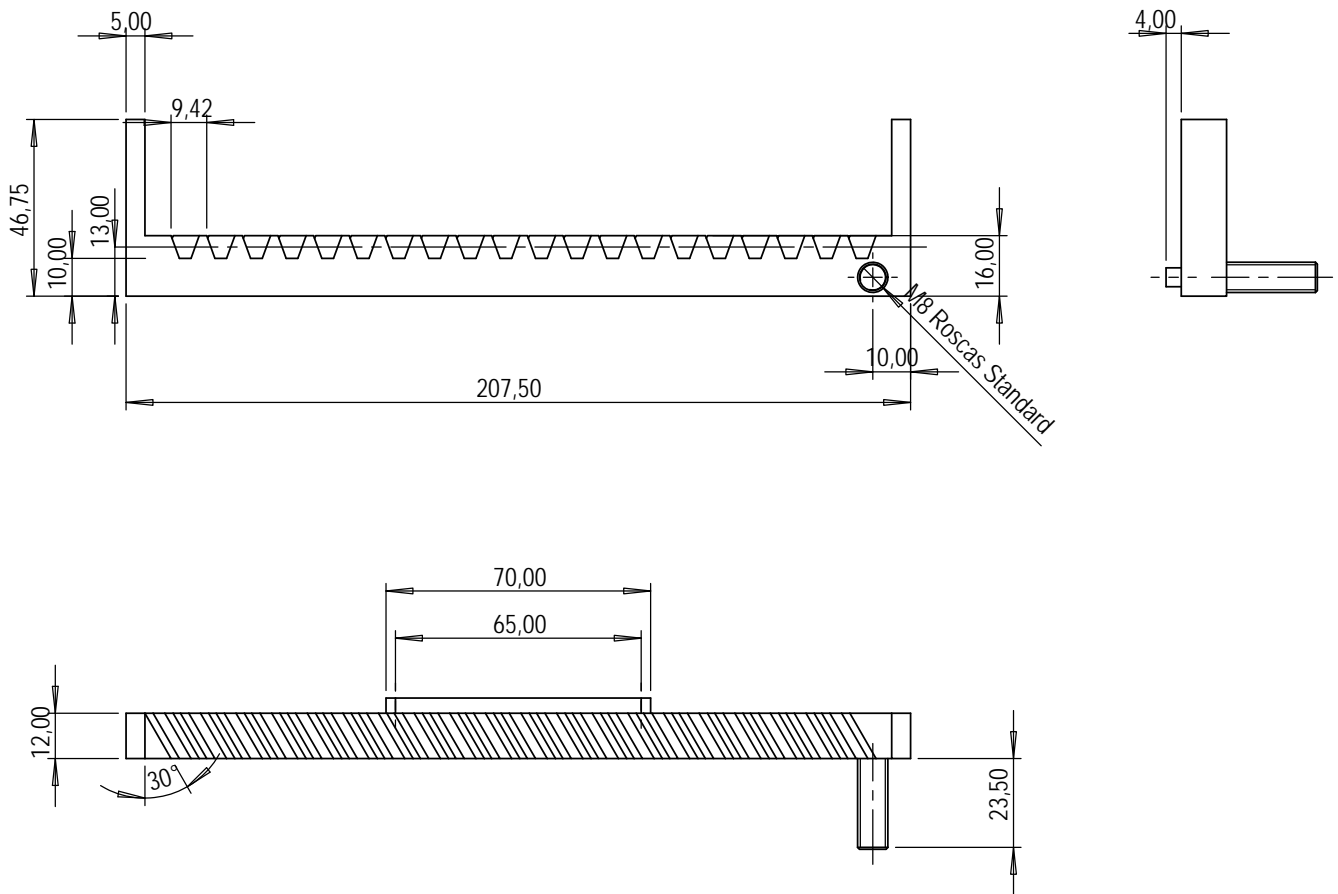
#### ***Applicable documents:***


- user manual
- RS485 data protocol documentation
- cable and pin assignment documentation
- endurance test specification
- vibration and environmental test specification

**ANEXO III:  
PLANOS**

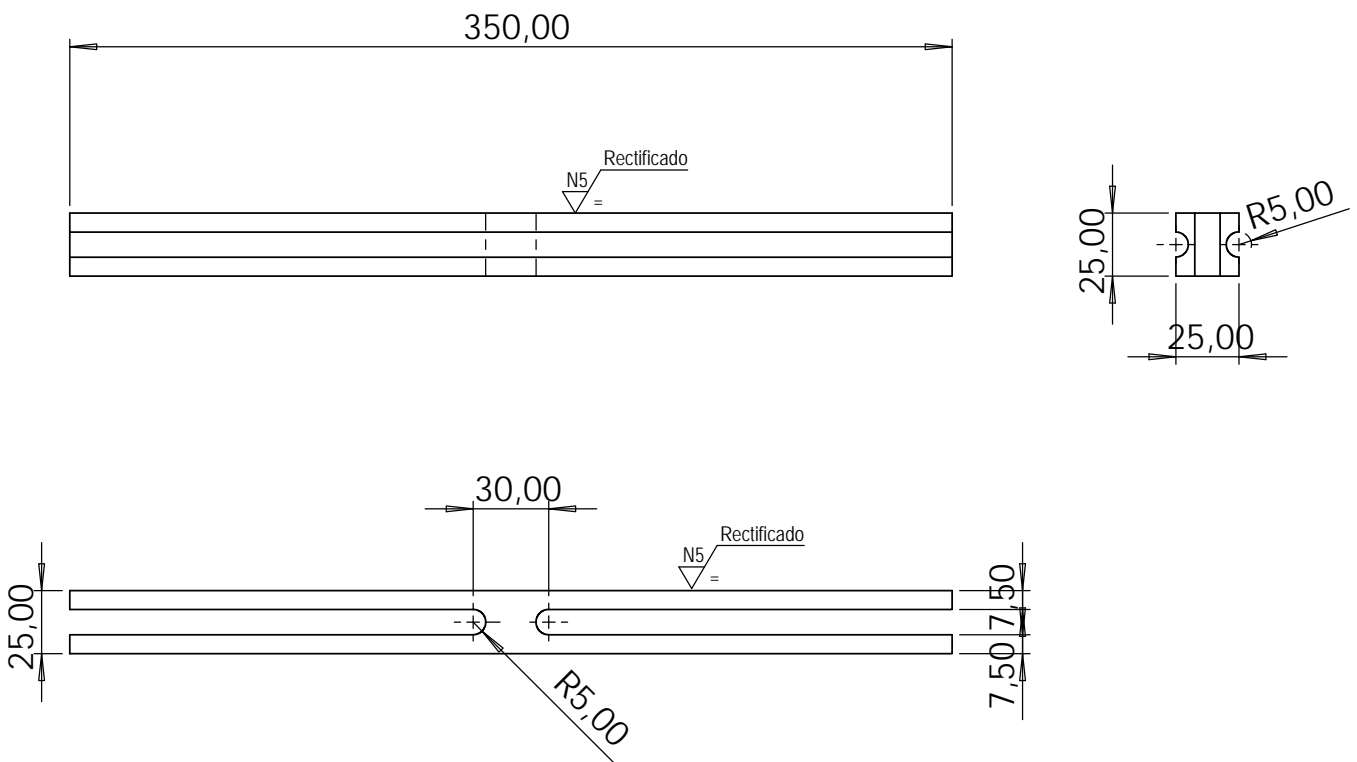



	FECHA	NOMBRE	PROYECTO Diseño de herramienta robótica para línea de E.A.	ESPECIFICACIONES GENERALES	
DIBUJADO	17/5/23	AGORRETA	NUMERACIÓN PLANO 1 DE 16	TOLERANCIAS +0,15	
APROBADO			MATERIAL AISI 1050	ACABADOS SUPERFICIALES	
INGENIERÍA DISEÑO MECÁNICO			TRATAMIENTO	MATAR ARISTAS	
E.T.S.I.I.T.			PESO	UNIDADES mm	
			PLANO ENGRANAJE	A4	ESCALA 1:1

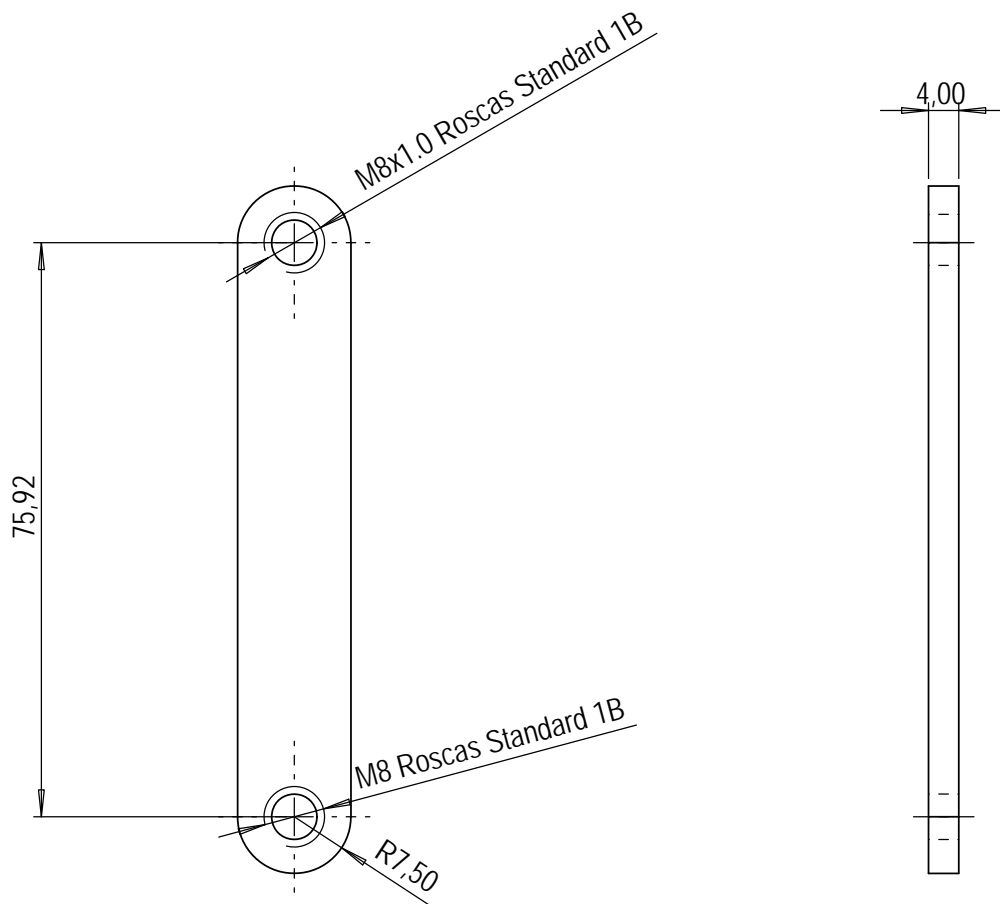



	FECHA	NOMBRE	PROYECTO	Diseño de herramienta robótica para línea de E.A.	ESPECIFICACIONES GENERALES	
DIBUJADO	17/5/23	AGORRETA	NUMERACIÓN	PLANO 2	TOLERACIAS +0,15	
APROBADO			MATERIAL	AISI 1050	ACABADOS SUPERFICIALES	
INGENIERÍA DISEÑO MECÁNICO			TRATAMIENTO		MATAR ARISTAS X	
E.T.S.I.I.T.			PESO		UNIDADES mm	
			PLANO	CREMALLERA	A4	ESCALA 1:2

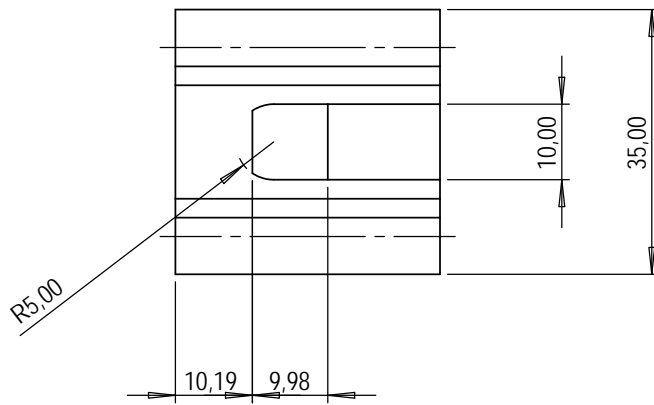
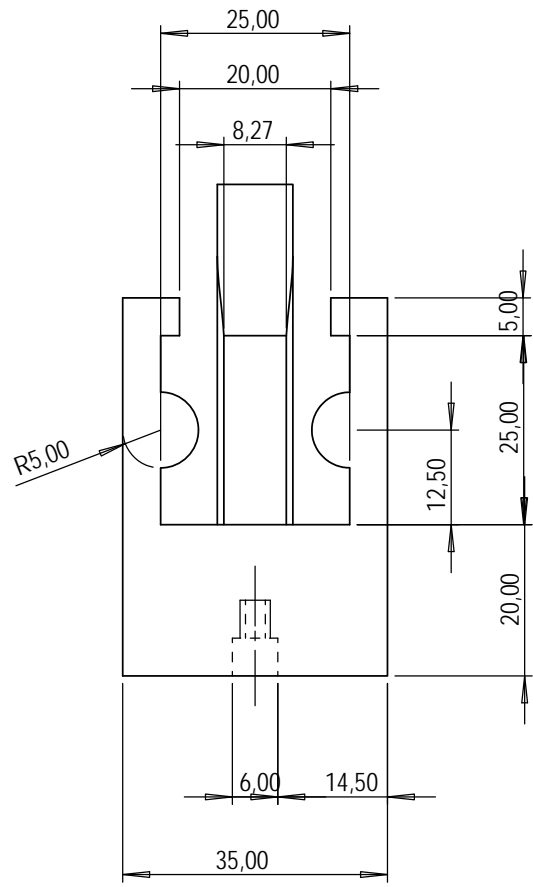
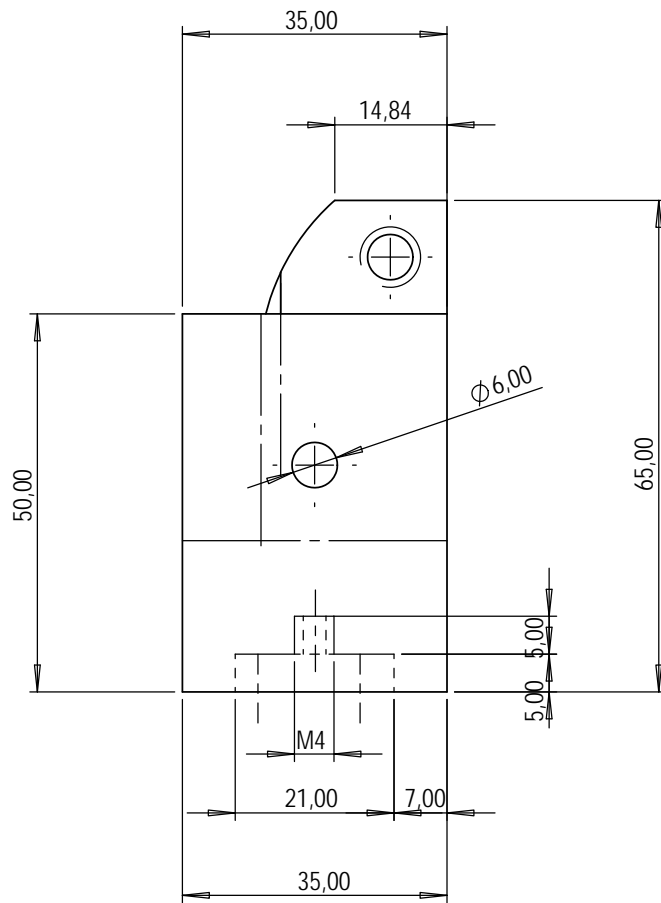




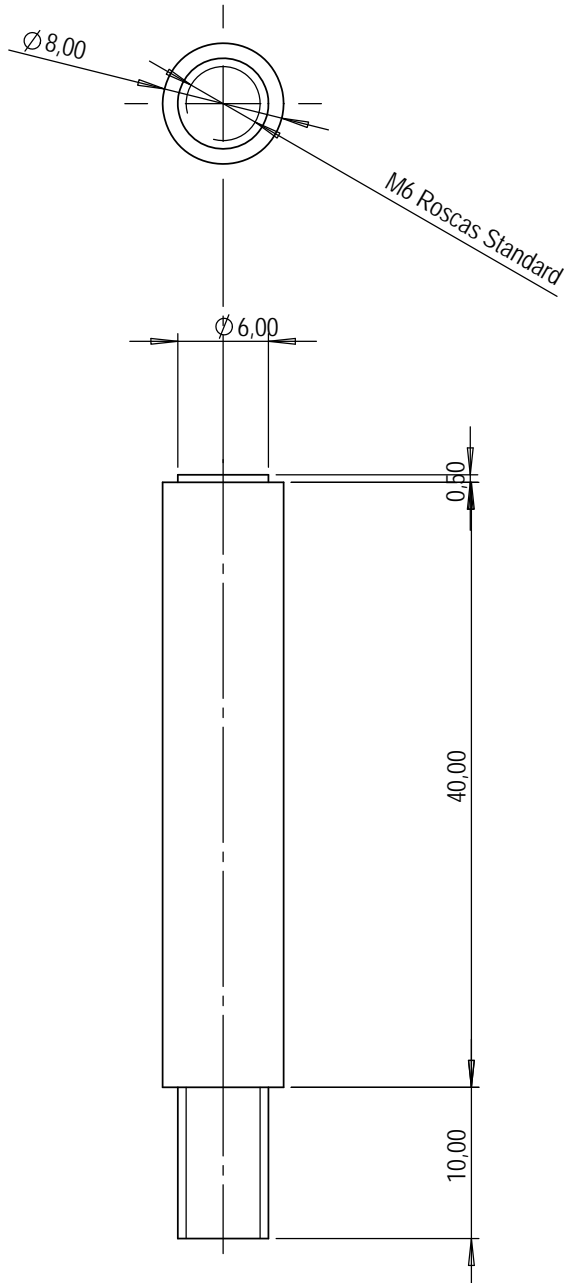
	FECHA	NOMBRE	PROYECTO	Diseño de herramienta robótica para línea de E.A.	ESPECIFICACIONES GENERALES	
DIBUJADO	15/5/23	AGORRETA	NUMERACIÓN	PLANO 3	TOLERACIAS $\pm 0,15$	
APROBADO			MATERIAL	AISI 1050	ACABADOS SUPERFICIALES N5	
INGENIERÍA DISEÑO MECÁNICO			TRATAMIENTO		MATAR ARISTAS X	
E.T.S.I.I.T.			PESO		UNIDADES	
 <small>Universidad Pública de Navarra</small> <small>Navarra, la Universidad en línea</small>			PLANO	CORREDERA	A4	ESCALA 1:3




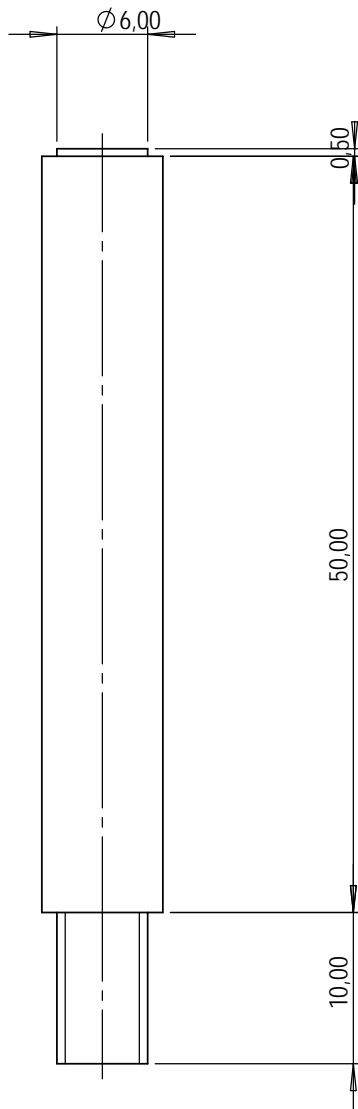
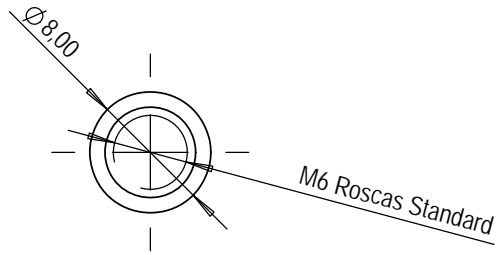
	FECHA	NOMBRE	PROYECTO	Diseño de herramienta robótica para línea E.A.	ESPECIFICACIONES GENERALES	
DIBUJADO	15/5/23	AGORRETA	NUMERACIÓN	PLANO 4	TOLERANCIAS $\pm 0,15$	
APROBADO			MATERIAL	AISI 1050	ACABADOS SUPERFICIALES	
INGENIERÍA DISEÑO MECÁNICO			TRATAMIENTO		MATAR ARISTAS $\chi$	
E.T.S.I.I.T.			PESO		UNIDADES mm	
 <small>Universidad -00 de Sevilla</small> <small>Escuela de Ingeniería de Edificación</small>			PLANO	CONECTOR CORREDERA SUPERIOR	A4	ESCALA 1:1




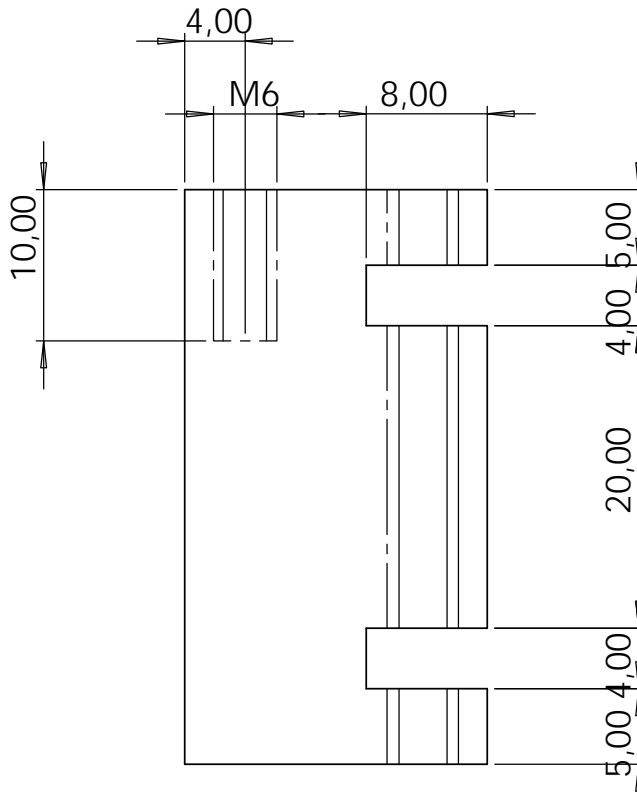
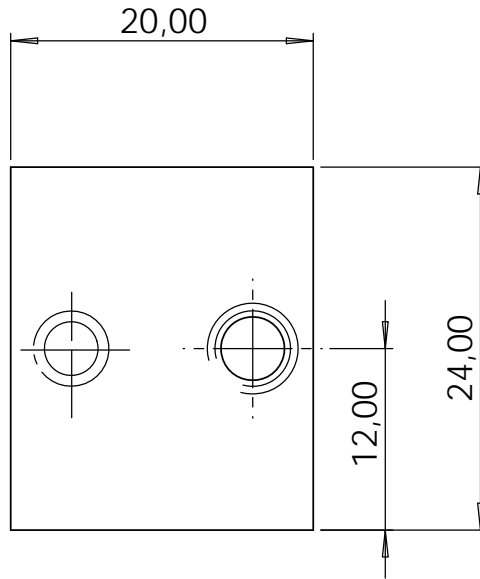
	FECHA	NOMBRE	PROYECTO	Diseño de herramienta robótica para línea E.A.	ESPECIFICACIONES GENERALES	
DIBUJADO	28/5/23	AGORRETA	NUMERACIÓN	PLANO 5	TOLERANCIAS + - 0,15	
APROBADO			MATERIAL	AISI 1020	ACABADOS SUPERFICIALES	
INGENIERÍA DISEÑO MECÁNICO			TRATAMIENTO		MATAR ARISTAS X	
E.T.S.I.I.T.			PESO		UNIDADES mm	
upna			PLANO	DESILIZADOR	A4	ESCALA 1:1



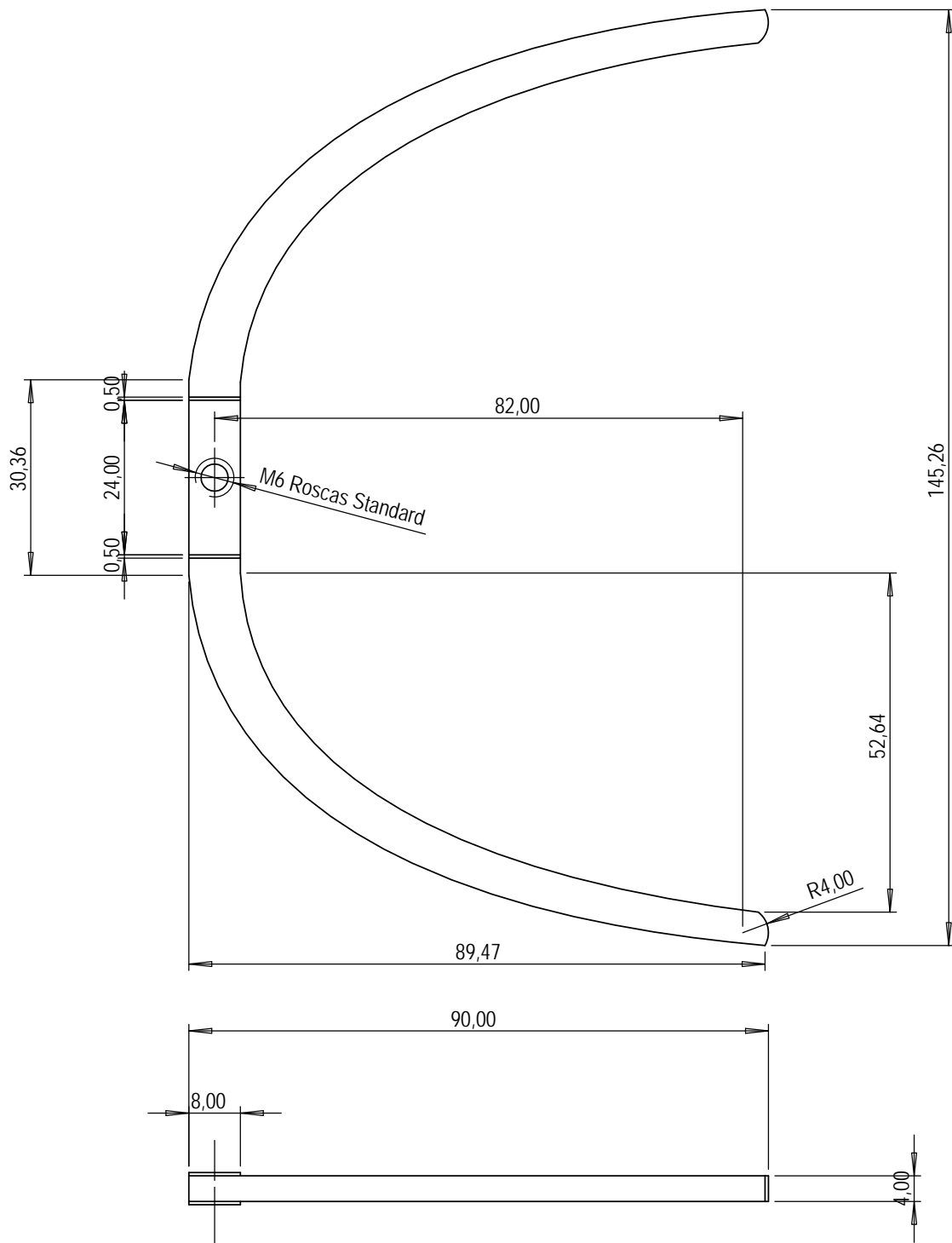
	FECHA	NOMBRE	PROYECTO Diseño de herramienta robótica para línea E.A.	ESPECIFICACIONES GENERALES	
DIBUJADO	27/5/23	AGORRETA	NUMERACIÓN PLANO 6	TOLERACIAS $\pm 0,15$	
APROBADO			MATERIAL AISI 1020	ACABADOS SUPERFICIALES	
INGENIERÍA DISEÑO MECÁNICO		TRATAMIENTO		MATAR ARISTAS	
E.T.S.I.I.T.		PESO		UNIDADES mm	
 <small>Universidad Politécnica de Navarra Sistema de Innovación Tecnológica</small>		PLANO BRAZO DERECHO		A4	ESCALA 2:1




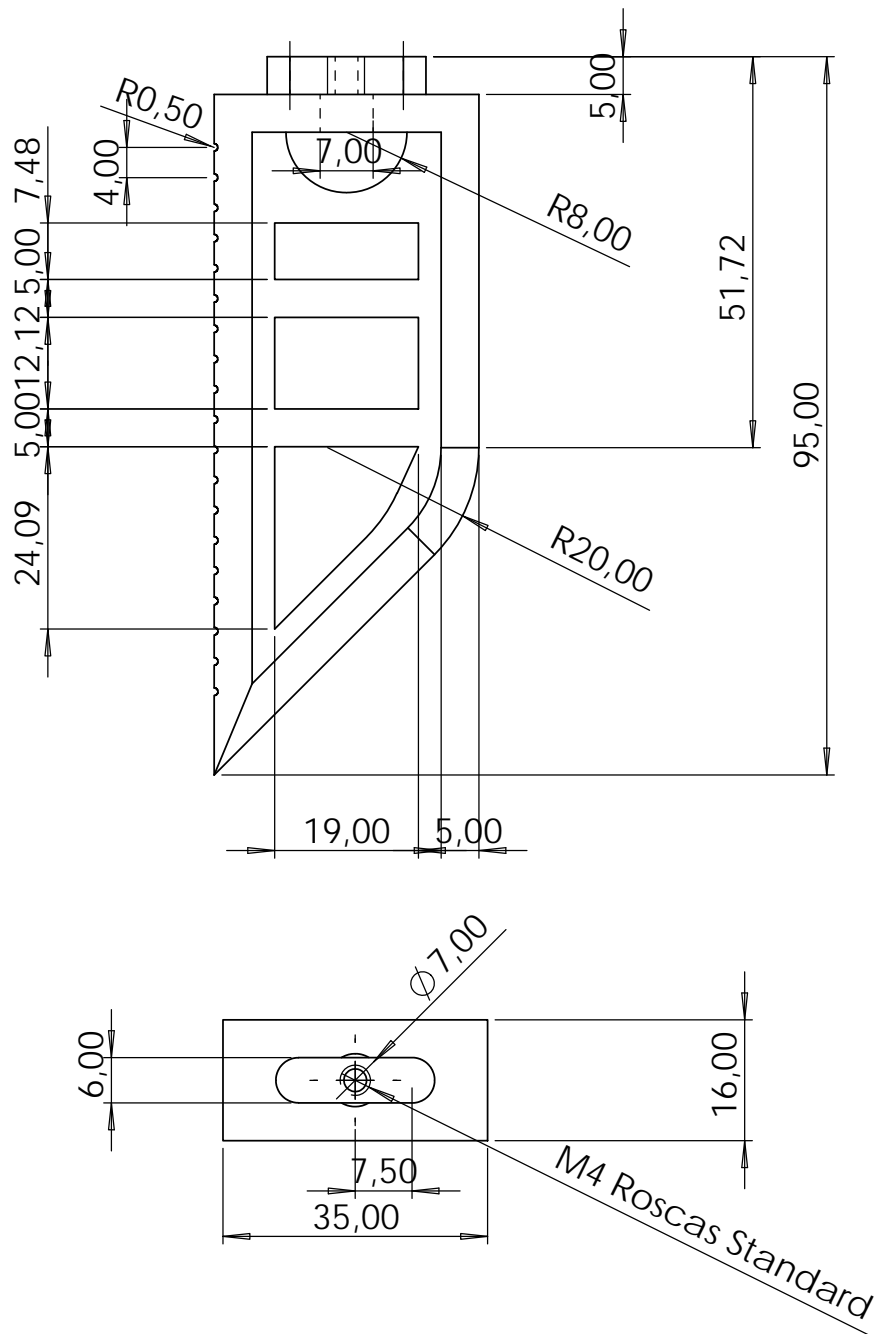
	FECHA	NOMBRE	PROYECTO	Diseño de herramienta robótica para línea E.A.	ESPECIFICACIONES GENERALES	
DIBUJADO	27/5/23	AGORRETA	NUMERACIÓN	PLANO 7	TOLERACIAS $\pm 0,15$	
APROBADO			MATERIAL	AISI 1020	ACABADOS SUPERFICIALES	
INGENIERÍA DISEÑO MECÁNICO			TRATAMIENTO		MATAR ARISTAS	
E.T.S.I.I.T.			PESO		UNIDADES mm	
			PLANO	BRAZO IZQUIERDO	A4	ESCALA 2:1




	FECHA	NOMBRE	PROYECTO	Diseño de herramienta robótica para línea E.A.	ESPECIFICACIONES GENERALES	
DIBUJADO	27/5/23	AGORRETA	NUMERACIÓN	PLANO 8	TOLERACIAS $\pm 0,15$	
APROBADO			MATERIAL	AISI 1020	ACABADOS SUPERFICIALES	
INGENIERÍA DISEÑO MECÁNICO			TRATAMIENTO		MATAR ARISTAS <b>X</b>	
E.T.S.I.I.T.			PESO		UNIDADES mm	
<b>upna</b> <small>Universidad Politécnica de Navarra Sistema de Información y Gestión</small>			PLANO	CUERPO GARRA BOLSAS	A4	ESCALA 2:1

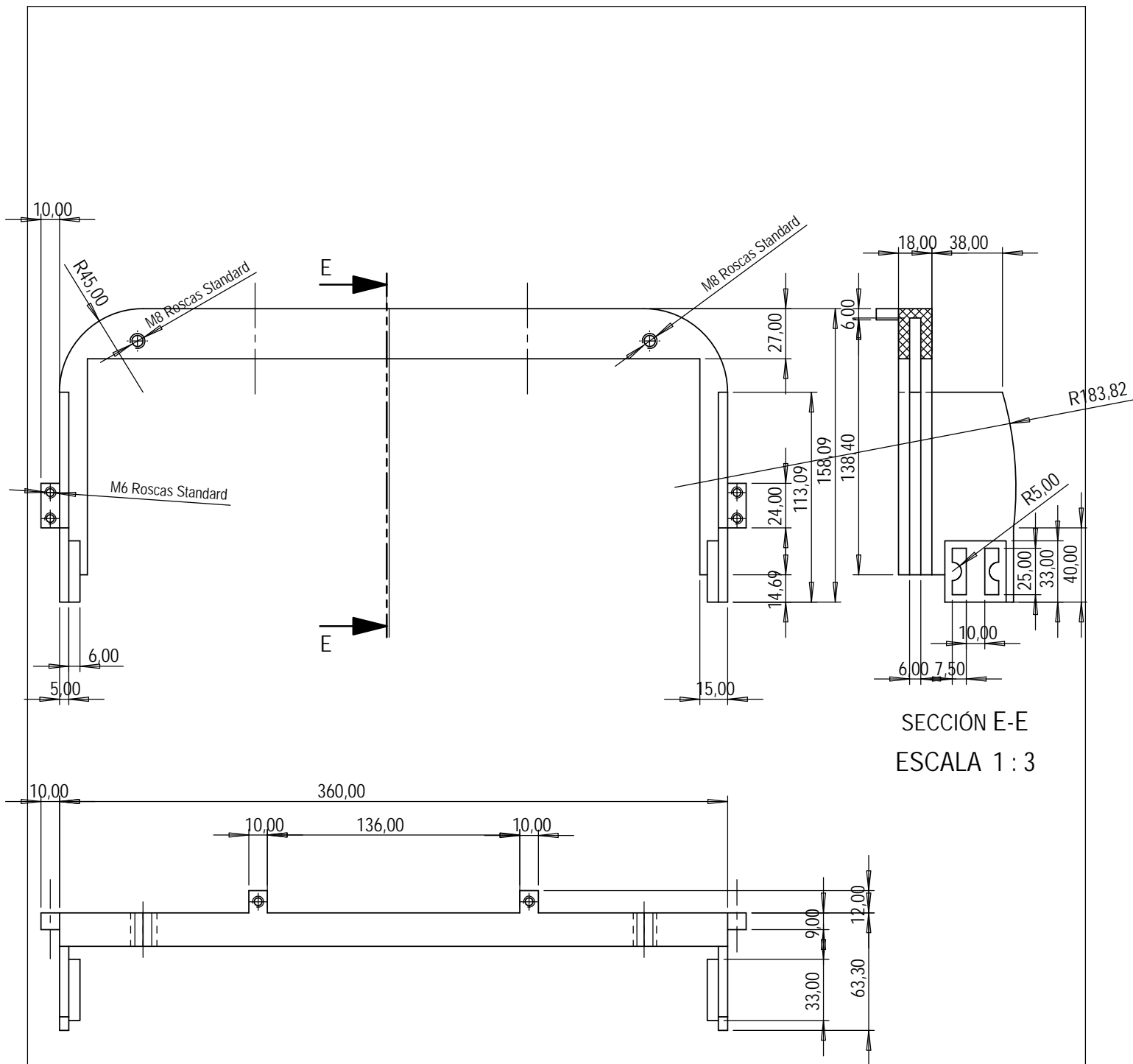


	FECHA	NOMBRE	PROYECTO	Diseño de herramienta robótica para línea E.A.	ESPECIFICACIONES GENERALES	
DIBUJADO	28/5/23	AGORRETA	NUMERACIÓN	PLANO 9	TOLERACIAS $\pm 0,15$	
APROBADO			MATERIAL	AISI 1020	ACABADOS SUPERFICIALES	
INGENIERÍA DISEÑO MECÁNICO			TRATAMIENTO		MATAR ARISTAS <b>X</b>	
E.T.S.I.I.T.			PESO		UNIDADES mm	
 <small>Universidad Politécnica de Navarra Sistema de Información de Ingeniería</small>			PLANO	GARRA BOLSAS	A4	ESCALA 1:1




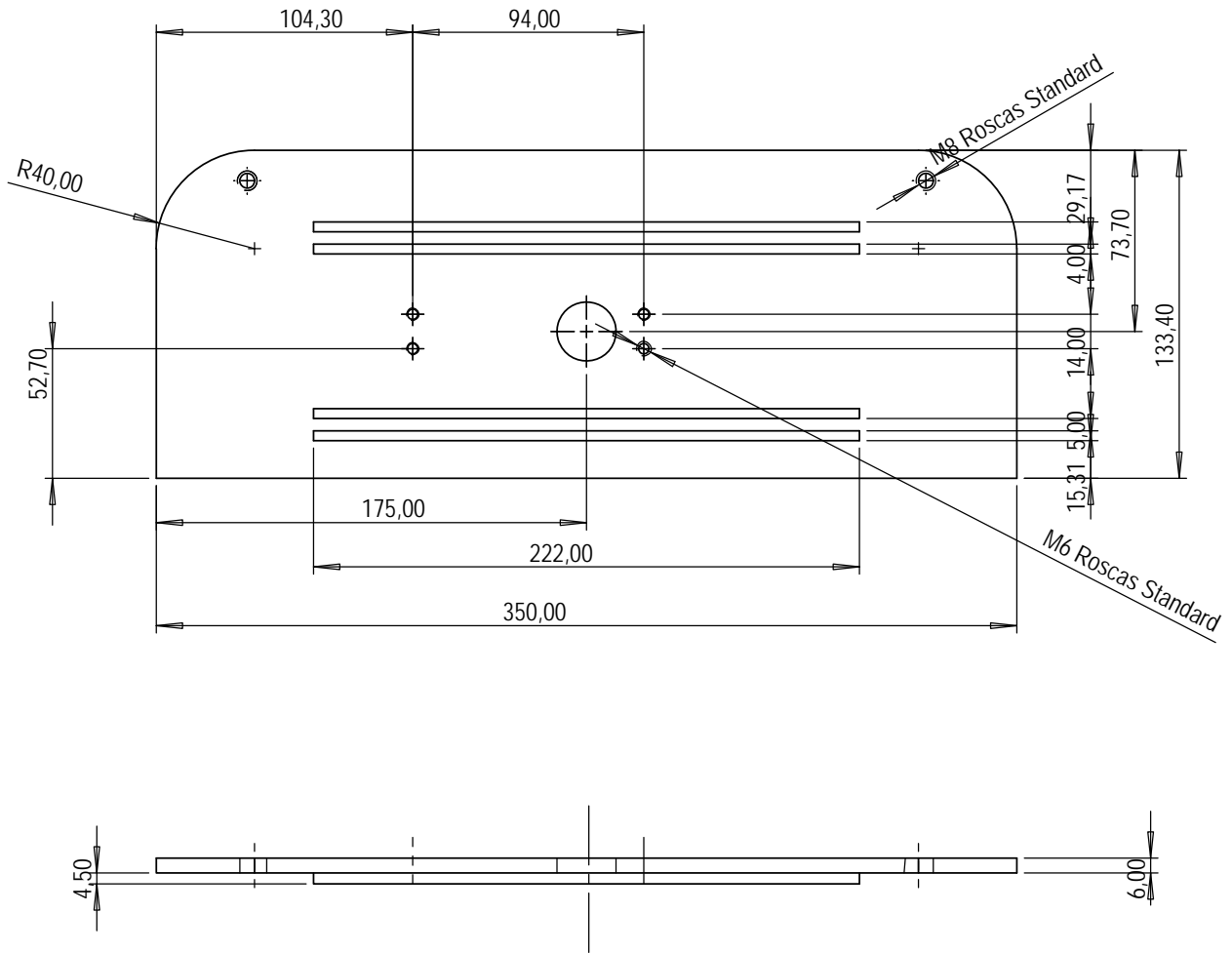
	FECHA	NOMBRE	PROYECTO	Diseño de herramienta robótica para línea E.A.	ESPECIFICACIONES GENERALES	
DIBUJADO	27/5/23	AGORRETA	NUMERACIÓN	PLANO 10	TOLERANCIAS	
APROBADO			MATERIAL	AISI 1020/ CAUCHO-BUTADIENO	ACABADOS SUPERFICIALES	
INGENIERÍA DISEÑO MECÁNICO			TRATAMIENTO		MATAR ARISTAS	
E.T.S.I.I.T.			PESO		UNIDADES	
			PLANO	GARRA DEFORMABLE	A4	ESCALA 1:1




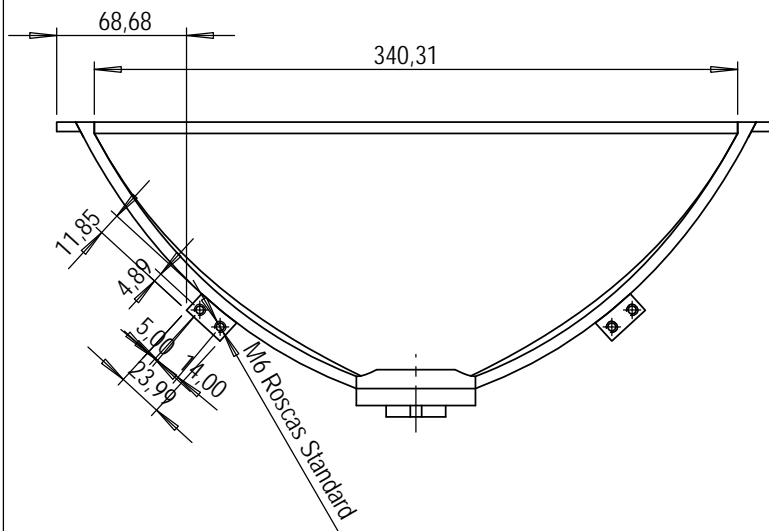
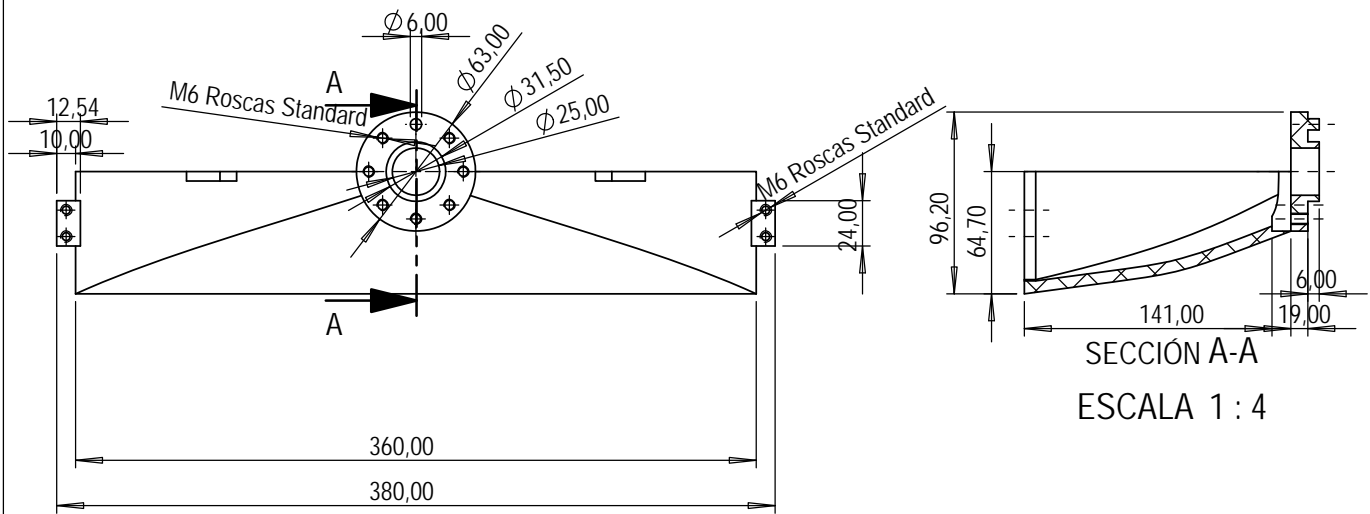


SECCIÓN E-E  
ESCALA 1 : 3


	FECHA	NOMBRE	PROYECTO	Diseño de herramienta robótica para línea E.A.	ESPECIFICACIONES GENERALES	
DIBUJADO	28/5/23	AGORRETA	NUMERACIÓN	PLANO 11	TOLERANCIAS +0,15	
APROBADO			MATERIAL	ABS	ACABADOS SUPERFICIALES	
INGENIERÍA DISEÑO MECÁNICO			TRATAMIENTO		MATAR ARISTAS X	
E.T.S.I.I.T.			PESO		UNIDADES mm	
 <small>Universidad Politécnica de Navarra Sistema de Información y Gestión</small>			PLANO	CARCASA MORDAZA	A4	ESCALA 1 : 3

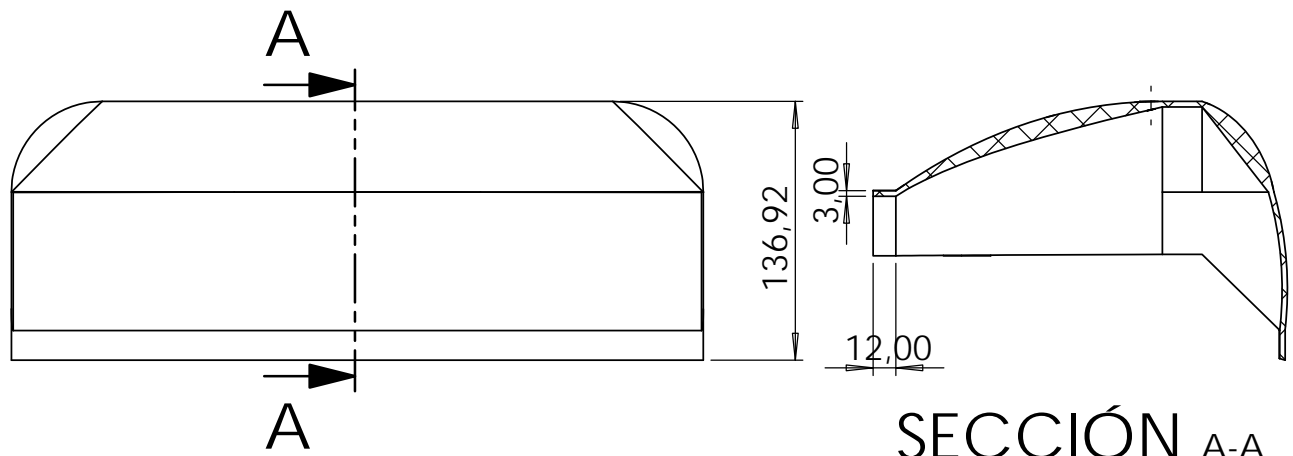


	FECHA	NOMBRE	PROYECTO	ESPECIFICACIONES GENERALES	
DIBUJADO	22/5/23	AGORRETA	NUMERACIÓN	TOLERANCIAS +0,15	
APROBADO			MATERIAL	ACABADOS SUPERFICIALES	
INGENIERÍA DISEÑO MECÁNICO			TRATAMIENTO	MATAR ARISTAS	
E.T.S.I.I.T.			PESO	UNIDADES mm	
		PLANO	PLACA SOPORTE	A4	ESCALA 1:3



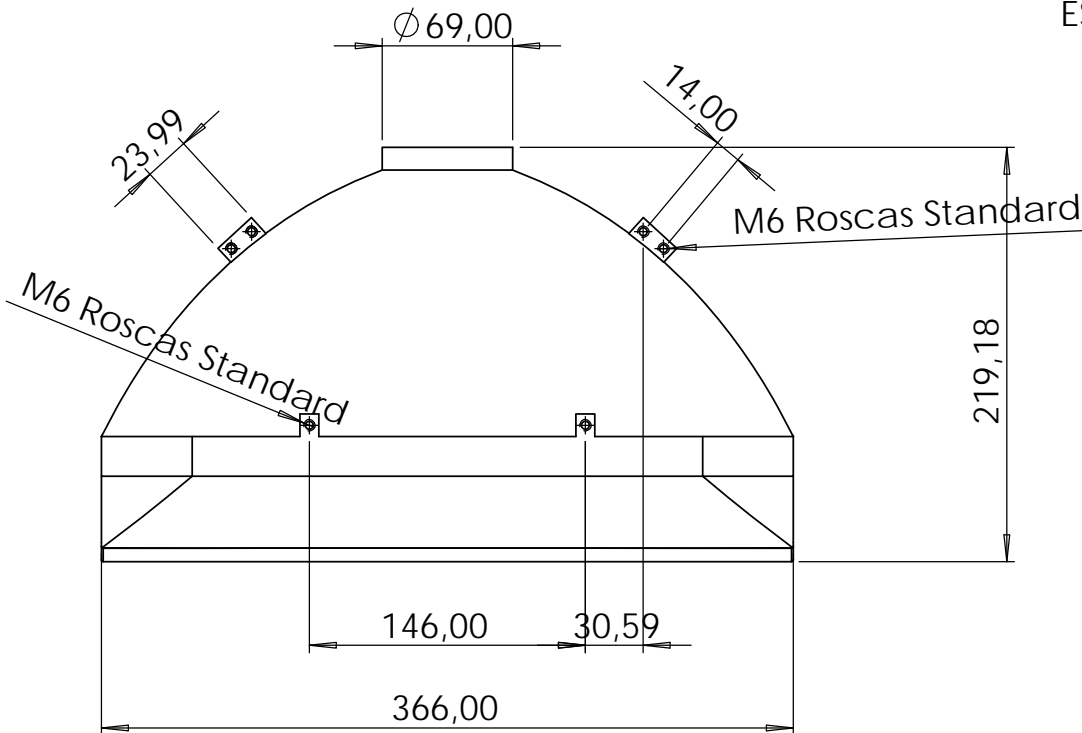
RESTO DE MEDIDAS ADJUNTAS EN EL  
MODELO DIGITAL

	FECHA	NOMBRE	PROYECTO	Diseño de herramienta robótica para línea E.A.	ESPECIFICACIONES GENERALES	
DIBUJADO	26/5/23	AGORRETA	NUMERACIÓN	PLANO 13	TOLERANCIAS $\pm 0,15$	
APROBADO			MATERIAL	ABS	ACABADOS SUPERFICIALES	
INGENIERÍA DISEÑO MECÁNICO			TRATAMIENTO		MATAR ARISTAS <b>X</b>	
E.T.S.I.I.T.			PESO		UNIDADES mm	
			PLANO		<b>A4</b> ESCALA <b>1 : 4</b>	
			CARCASA INFERIOR			




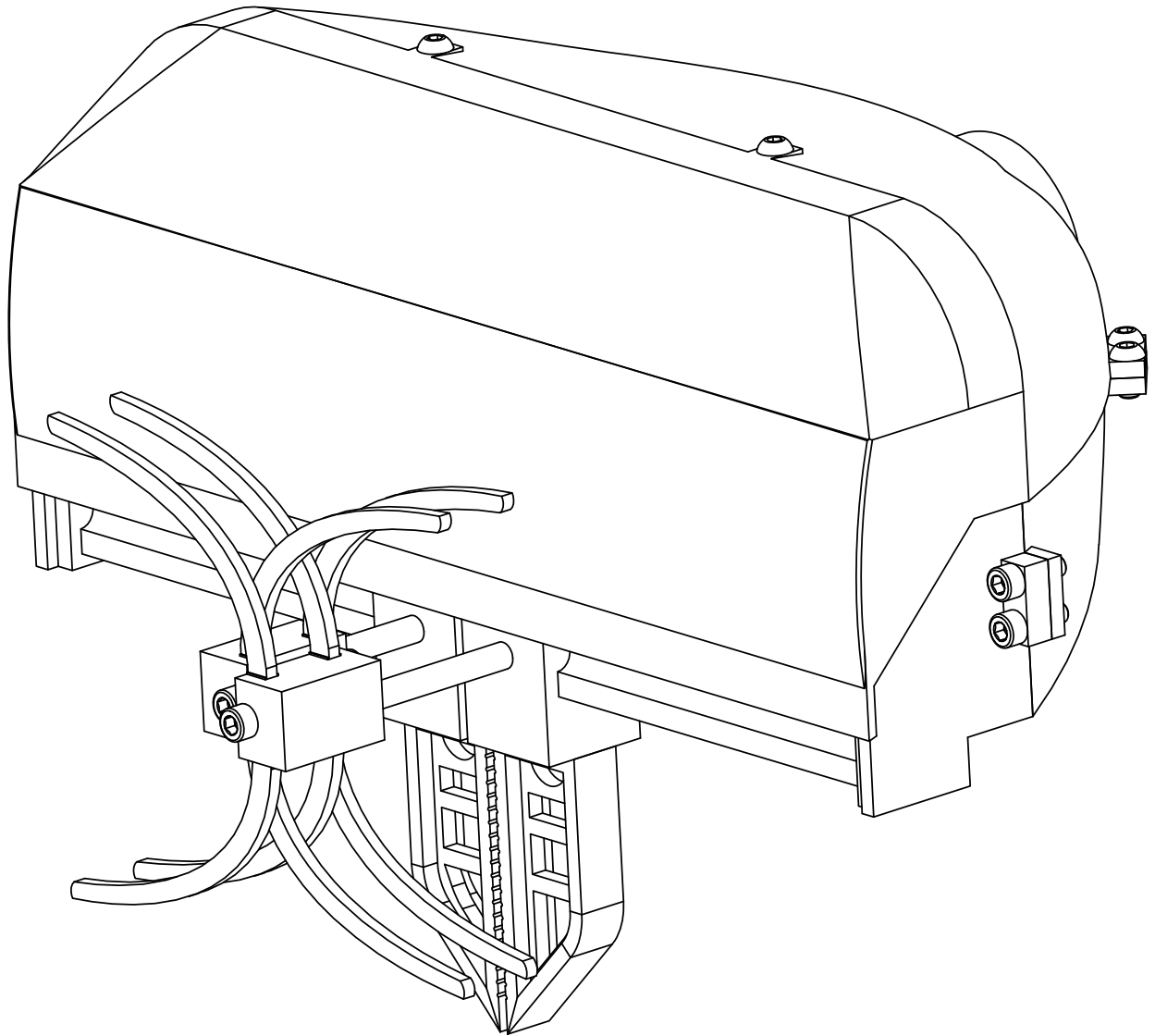
## SECCIÓN A-A


ESCALA 1 : 4

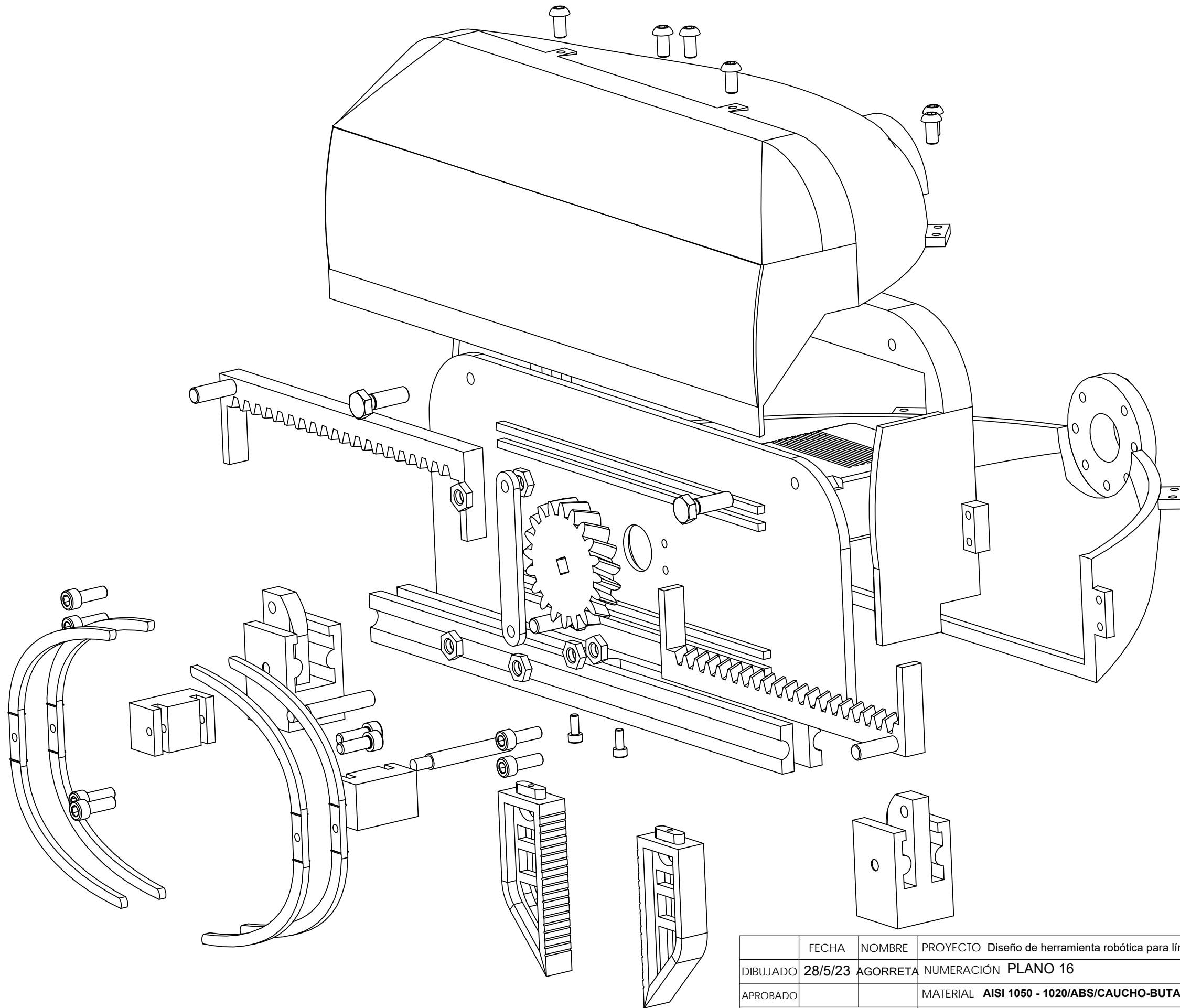



RESTO DE MEDIDAS EN MODELO DIGITAL

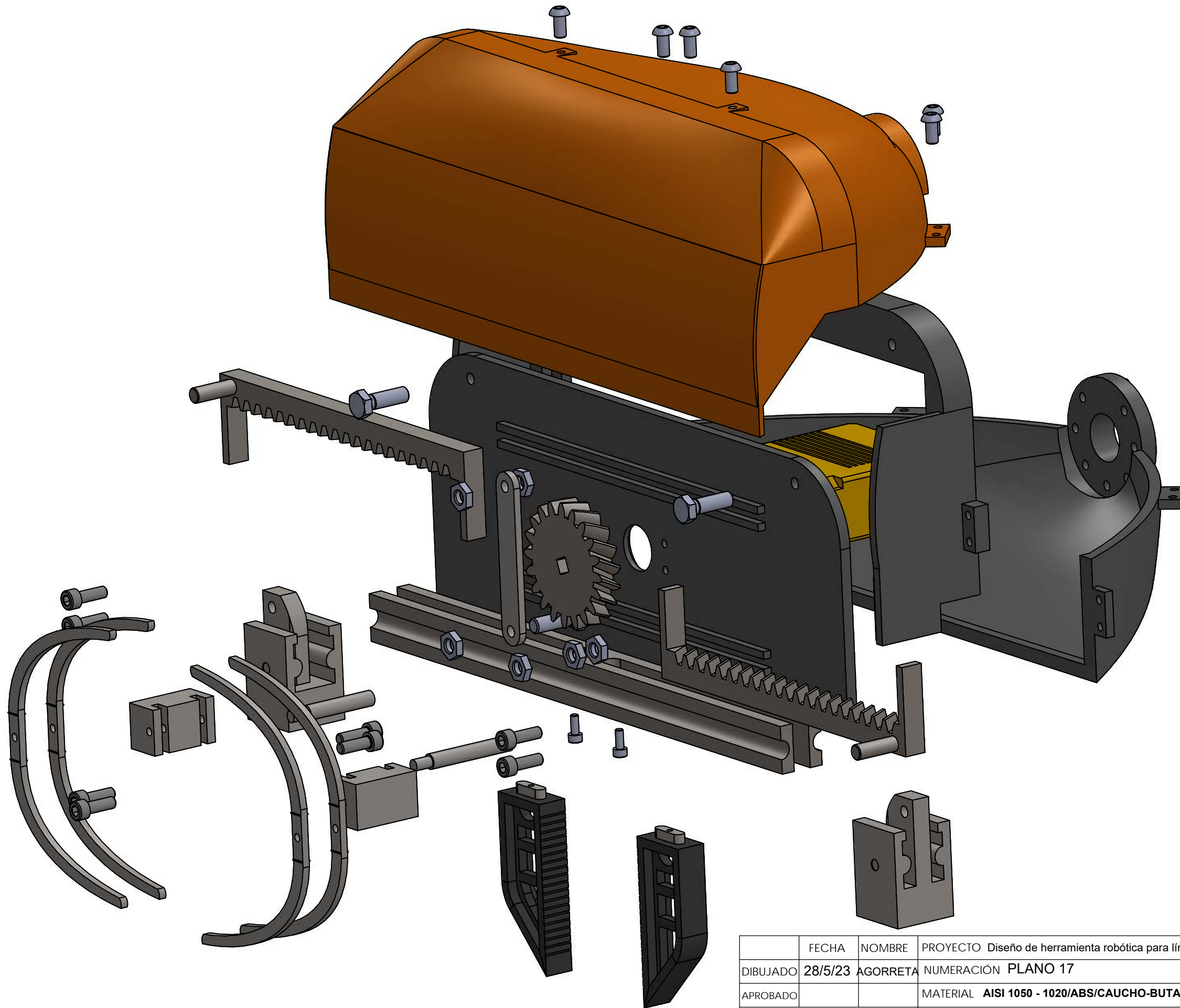
	FECHA	NOMBRE	PROYECTO	Diseño de herramienta robótica para línea E.A.	ESPECIFICACIONES GENERALES	
DIBUJADO	28/5/23	AGORRETA	NUMERACIÓN	PLANO 14	TOLERACIAS+ - 0,15	
APROBADO			MATERIAL	ABS	ACABADOS SUPERFICIALES	
INGENIERÍA DISEÑO MECÁNICO			TRATAMIENTO		MATAR ARISTAS <b>X</b>	
E.T.S.I.I.T.			PESO		UNIDADES mm	
 <small>Universidad Politécnica de Navarra Sistema de Información y Gestión</small>			PLANO	CARCARSA SUPERIOR	A4	ESCALA 1 : 4




	FECHA	NOMBRE	PROYECTO	Diseño de herramienta robótica para línea E.A.	ESPECIFICACIONES GENERALES	
DIBUJADO	28/5/23	AGORRETA	NUMERACIÓN	PLANO 15	TOLERACIAS $\pm 0,15$	
APROBADO			MATERIAL	AISI 1050 - 1020/ ABS/ CAUCHO-BUTADIENO	ACABADOS SUPERFICIALES	
INGENIERÍA DISEÑO MECÁNICO			TRATAMIENTO		MATAR ARISTAS	
E.T.S.I.I.T.			PESO	4,436 Kg	UNIDADES mm	
 <small>Universidad Politécnica de Navarra Sistema de Innovación Tecnológica</small>			PLANO	HERRAMIENTA ROBOTICA COMPLETA	A4	ESCALA 1:2



	FECHA	NOMBRE	PROYECTO	Diseño de herramienta robótica para línea E.A.		ESPECIFICACIONES GENERALES	
DIBUJADO	28/5/23	AGORRETA	NUMERACIÓN	PLANO 16		TOLERACIAS +/- 0,15	
APROBADO			MATERIAL	AISI 1050 - 1020/ABS/CAUCHO-BUTADIENO		ACABADOS SUPERFICIALES	
INGENIERÍA	DISEÑO MECÁNICO		TRATAMIENTO			MATAR ARISTAS	
	E.T.S.I.I.T.		PESO			UNIDADES	
			PLANO	PLANO DESPIECE		A3	ESCALA 1:2



	FECHA	NOMBRE	PROYECTO	Diseño de herramienta robótica para línea E.A.		ESPECIFICACIONES GENERALES	
DIBUJADO	28/5/23	AGORRETA	NUMERACIÓN	PLANO 17		TOLERACIAS +- 0,15	
APROBADO			MATERIAL	AISI 1050 - 1020/ABS/CAUCHO-BUTADIENO		ACABADOS SUPERFICIALES	
INGENIERÍA	DISEÑO MECÁNICO		TRATAMIENTO			MATAR ARISTAS	
	E.T.S.I.I.T.		PESO			UNIDADES	
			PLANO	PLANO DESPIECE A COLOR		A3	ESCALA 1 : 2