

UNIVERSIDAD DE ALMERIA

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA

Diseño de elementos terminales
multifunción para un robot
manipulador industrial

Curso: 2021/2022

Modalidad TFG: Trabajo Técnico

Alumno/a:

Ivaylo Biserov Hadzhiev

Director/es:

Antonio Giménez Fernández
José Luis Torres Moreno

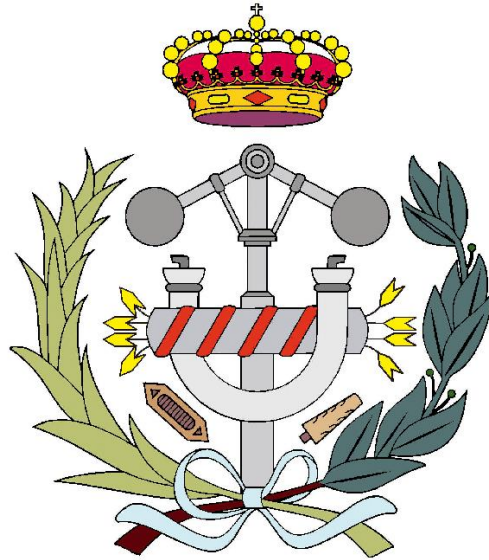


UNIVERSIDAD DE ALMERÍA

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA



UNIVERSIDAD DE ALMERÍA



GRADO DE INGENIERÍA MECÁNICA

TRABAJO FIN DE GRADO

*Diseño de elementos terminales multifunción para un robot
manipulador industrial*

Alumno:	Ivaylo Biserov Hadzhiev
Director:	Antonio Giménez Fernández
Codirector:	José Luis Torres Moreno
Fecha:	Enero de 2022

Agradecimientos

A los directores de este trabajo de fin de grado José Luis Torres Moreno y Antonio Giménez. siempre disponibles y prestos a proveer de cualquier cosa que se requiriese.

A mis padres, Elza y Biser

A todos ellos, Gracias

Resumen

Un cambiador automático de elementos terminales robóticos acopla de forma removible un elemento terminal a un brazo robótico de forma completamente autónoma e independiente, sin necesidad de intervención humana. Un cambiador automático de herramienta incrementa la eficiencia del proceso industrial al que se aplica: ofreciendo la posibilidad de cambiar entre un gran número de herramientas, reducir el tiempo de inactividad y, por tanto, el tiempo total de producción. Como añadido, ofrece mayor seguridad para los operarios. El acople y desacople repetitivo de un elemento terminal requiere de un proceso seguro y fiable.

Con este objetivo, en este trabajo fin de grado se ha diseñado, fabricado y comprobado el funcionamiento de un prototipo de acoplador universal para el robot IRB140 de ABB. Además, se incluye el diseño y desarrollo de dos elementos terminales multifuncionales integrables al acople universal: una pinza mecánica de dos dedos que ofrece un agarre flexible formada por un mecanismo de seis barras y un taladro que, en función de la herramienta, permite realizar tareas de taladrado, atornillado, etc.

Este desarrollo será aprovechado para ampliar las capacidades de aplicación práctica de los contenidos docentes en robótica de las asignaturas impartidas en la rama de Ingeniería Industrial, así como servir de base para nuevos desarrollos en el campo de la automatización industrial.

Abstract

An automatic robotic end-element changer removably couples an end-element to a robotic arm completely autonomously and independently, without the need of human intervention. An automatic tool changer increases the efficiency of the industrial process to which it is applied: by offering the possibility to change between a large number of tools, it reduces downtime and, therefore, overall production time. In addition, it offers increased operator safety. The repetitive engagement and disengagement of a terminal element requires a safe and reliable process.

With this objective in mind, a prototype of a universal coupler for ABB's IRB140 robot has been designed, manufactured and tested. It also includes the design and development of two multifunctional terminal elements that can be integrated into the universal coupler: a mechanical two-finger gripper that offers a flexible grip formed by a six-bar mechanism and a drill that, depending on the tool, allows drilling, screwing, etc.

This development will be used to expand the practical application capabilities of the robotics teaching contents of the subjects taught in the Industrial Engineering branch, as well as to serve as a basis for new developments in the field of industrial automation.

Acrónimos

TFG	Trabajo Fin de Grado
ATC	Cambiador automático de herramienta Automatic Tool Changer
STL	STereoLithography
3D	3 Dimensiones
ISO	International Organization for Standardization Organización Internacional de Normalización
DIN	Deutsches Institut für Normung Instituto Alemán para la Normalización
PLA	Poliláctico ácido
ABS	Acrilonitrilo butadieno estireno

Índice General

DOCUMENTO 1: MEMORIA	1
1 Introducción	3
1.1 Interés.....	3
1.2 Objetivos.....	5
1.3 Resumen de resultados.....	5
1.4 Fases de desarrollo y planificación temporal.....	6
1.5 Competencias del título usadas en el TFG.....	7
2 Estado de la técnica	9
2.1 Historia sobre evolución de las herramientas multifunción.....	9
2.2 Patentes	10
2.3 Productos comerciales	12
2.3.1 ATI INDUSTRIAL AUTOMATION	12
2.3.2 STÄUBLI	14
3 Especificaciones de diseño.....	17
3.1 Normativa aplicable	17
4 Requisitos del diseño.....	19
4.1 Seguridad	19
4.2 Tolerancias y precisión	19
4.3 Otros requisitos	20
4.3.1 Automatización.....	20
4.3.2 Fiabilidad	20
4.3.3 Eficiencia	21
4.3.4 Ejecución de Prototipo	21
4.3.5 Sostenibilidad	21
5 Proceso de diseño	23
5.1 Proceso de diseño del mecanismo del acoplador.....	23
5.1.1 Mecanismo de apertura / cierre	24
5.1.2 Mecanismo bloqueo / seguridad	28
5.2 Robustez ante desviaciones en aproximación.....	32
5.2.1 Tolerancia frente a desalineamiento	32

5.2.2	Tolerancia frente a desviación torsional.....	34
5.3	Interfaz física para comunicación pinza- acoplador	36
5.4	Diseño de piezas del acoplador.....	37
5.5	Proceso de diseño de elemento terminal - Pinza de seis barras	55
5.5.1	Mecanismo de tren de engranajes.....	57
5.5.2	Mecanismo de 6 barras	57
5.5.3	Mecanismo excéntrico para adaptación de agarre y frente sobrecarga	61
5.5.4	Rail de refuerzo	65
5.6	Diseño piezas pinza	66
5.7	Proceso de diseño de elemento terminal – Taladro con adaptador universal ..	83
5.7.1	Estructura general.....	85
5.7.2	Mecanismo de regulación de apriete mecánico.....	87
5.8	Diseño de las piezas del destornillador/ taladradora.....	88
6	Resultados	99
6.1	Validación del funcionamiento del acoplador universal.....	99
6.1.1	Validación del funcionamiento del mecanismo de la leva	101
6.1.2	Interfaz eléctrica	101
6.2	Validación del funcionamiento de elemento terminal: Pinza de seis barras..	102
6.2.1	Validación del funcionamiento del mecanismo de tren de engranajes...	103
6.2.2	Validación del funcionamiento del mecanismo de seis barras	104
6.2.3	Validación del funcionamiento del mecanismo excéntrico de adaptación de agarre y protección frente a sobrecarga.....	104
6.3	Validación del funcionamiento de elemento terminal. Taladro.....	106
6.4	Evaluación del desempeño y plan de mantenimiento.....	107
7	Conclusiones y trabajos futuros	109
8	Bibliografía.....	115
9	Anexo 1- Cálculos.....	117
9.1	Cálculos Acoplador.....	117
9.1.1	Cáculos mecanismo de leva.....	117
9.1.2	Diagramas de desplazamiento	123
9.1.3	Diagramas del par motor	124
9.2	Cálculos Pinza.....	125
9.2.1	Cálculos tren de engranaje.....	125
9.2.2	Diagramas de desplazamiento	128
9.2.3	Diagramas del par motor	129

10	Anexo 2- Simulaciones.....	133
10.1	Simulaciones Acoplador	135
10.1.1	Simulación Adaptador del robot.....	136
10.1.2	Simulación del Vástago	140
10.1.3	Simulación Base inferior	143
10.1.4	Simulación Acople cruz.....	147
10.2	Simulaciones Pinza seis barras	151
10.2.1	Simulación Unión Acople Universal.....	151
10.2.2	Simulación Soporte principal	155
10.2.3	Simulación soporte rail.....	158
10.2.4	Simulación dedos de la pinza	162
10.3	Simulaciones Taladro	171
11	Anexo 3 - Impresión 3D	177
11.1	Creación de un modelo 3D mediante diseño asistido por ordenador (CAD)	177
11.2	Rebanado (Slicing). Creación de G-code	178
11.3	Impresión	181
11.4	Extracción de las piezas de la impresora	182
11.5	Post-procesamiento	183
11.6	Tipo de Filamento	183
12	Anexo 4 – Esquema eléctrico de la simulación.....	185
12.1	Esquema eléctrico	185
	DOCUMENTO 2: MEDICIONES Y PRESUPUESTO	187
1.	Mediciones	189
1.1.	Tabla de piezas mecanizas espaciales.....	189
1.2.	Tabla de los componentes mecánicos normalizados:	190
1.3.	Tabla de los componentes eléctricos:	191
2.	Presupuesto.....	193
2.1.	Costes de materiales.....	193
2.2.	Costes de diseño.....	194
2.3.	Costes de fabricación del de mano de obra del operario	194
2.4.	Otros costes	194
2.5.	Coste total	194
	DOCUMENTO 3: PLANOS	197

Índice de figuras

Figura 1. Diagrama estadístico de instalaciones anuales de robots industriales. Fuente:[1]	3
Figura 2. Gráfico estadístico de la densidad robótica en la industria por países. Fuente:[2]	4
Figura 3. Imagen de operario realizando tarea de cambio de un elemento terminal de soldadura de un robot industrial.	4
Figura 4. Imagen de un robot industrial con cambiador de elemento terminal automático.	4
Figura 5. Un cambiador de herramientas automático de tipo cadena con brazo giratorio y dos pinzas	9
Figura 6. Mecanismo de bloqueo de bola de acero para un cambiador automático con número de patente US8005570B2	11
Figura 7. Imagen de un cambiador automático de herramientas con número de patente US20120277080A1 de Alexander Strotzer	12
Figura 8. Cambiadores de herramientas de cambio rápido estándar del fabricante ATI	13
Figura 9. Cambiadores de herramientas de cambio rápido de automatización pesada del fabricante ATI.....	14
Figura 10. Ejemplo de un cambiador automático industrial MPS 260 del fabricante Stäubli	14
Figura 11. Tabla de las normas aplicables que cumple el robot IRB140 de ABB	17
Figura 12. Tabla de las normas europeas que cumple el IRB140	18
Figura 13. Tabla de tolerancias y desviaciones según la guía de IRB140.	20
Figura 14. Ejemplo de un mecanismo leva y vástago	23
Figura 15. Imagen de árbol de levas de un motor de combustión interna.	23
Figura 16. Imagen de un mecanismo de cerradura de una puerta.....	24
Figura 17. Mecanismo de leva del acople universal.....	25
Figura 18. Mecanismo de leva en posición de bloqueo (elemento terminal acoplado)	26
Figura 19. Mecanismo de leva en posición libre (elemento terminal desacoplado)	26
Figura 20. Margen de giro de la leva.....	27
Figura 21. Ejemplo de problemas de desalineación de ejes de una bomba y un motor.	27
Figura 22. Imagen de conexión entre el servomotor y el eje de la leva del acople universal	28
Figura 23. Imagen del conjunto del Acople universal y Elemento terminal (pinza de seis barras)	29
Figura 24. Imagen de una vista de corte del Acople universal.....	29
Figura 25. Imagen del proceso del acoplamiento del Acople universal.....	30
Figura 26. Imagen de fin de aproximación del acople. Preparación de activación del servomotor.....	31

Figura 27. Imagen del proceso del bloqueo completo del mecanismo de leva	31
Figura 28. Imagen de avance del mecanismo de leva para distintas posiciones de giro	32
Figura 29. Imagen de contacto entre la leva y el vastago.....	32
Figura 30. Imagen de alineación perfecta entre acople-elemento terminal.....	33
Figura 31. Imagen de caso de desalineación paralela.....	33
Figura 32. Imagen de caso de desalineación combinada (angular y paralela)	34
Figura 33. Imagen de desviación torsional.....	34
Figura 34. Imagen de la ubicación de los pines y los orificios cónicos en el acople universal	35
Figura 35. Plano de la pieza de acople universal.....	36
Figura 36. Imagen de los conectores de contacto del Acople universal.....	37
Figura 37. Imagen de un mecanismo de seis barras desarrollado por Andrea Carli y Kaustubh Sonawale	55
Figura 38. Imagen del elemnto terminal de la pinda de seis barras	56
Figura 39. Imagen del mecanismo de tren de engranajes.....	57
Figura 40. Imagen de croquis de SolidWorks de las proporciones del mecanismo de seis barras	58
Figura 41. Imagen de del diseño y nomenclatura del mecanismo de seis barras de la pinza robótica	59
Figura 42. Imagen en 3D del diseño del mecanismo de seis barras de la pinza robótica	59
Figura 43. Imagen de apertura de la pinza en relación del giro del servomotor	60
Figura 44. Dibujo de las trayectorias de los nudos en función del giro del tren de engranajes de las barras del mecanismo de seis barras	61
Figura 45. Esquema del mecanismo excéntrico para adaptación de agarre	62
Figura 46. Esquema de vista explosionada del mecanismo excéntrico para adaptación de agarre	62
Figura 47. Esquema de vista de corte de mecanismo excéntrico en posición sin fuerza aplicada.....	64
Figura 48. Esquema de vista de corte de mecanismo excéntrico en posición con fuerza aplicada.....	64
Figura 49. Imagen del rais de refuerzo	65
Figura 50. Imagen del rail de refuerzo	66
Figura 51. Imagen del elemento terminal -Taladro.....	83
Figura 52. Imagen del adaptador universal del taladro	84
Figura 53. Esquema de funcionamiento de la bola autoblocante	84
Figura 54. Imagen de un set de herramientas universales disponibles en el mercado ...	85
Figura 55. Esquema del taladro y las piezas que forman el ensamblaje	86
Figura 56. Imágenes del mecanismo del sistema de regulación de apriete del taladro .	87
Figura 57. Imagen de proceso de regulación del sistema de apriete del taladro	88
Figura 58. Imagen del prototipo del Acople universal	99
Figura 59. Imagen del acople universal acoplado a la pinza de seis barras	100
Figura 60. Imagen del acople universal conectado al taladro	100

Figura 61. Imagen del prototipo del mecanismo de leva en posición de bloqueo (elemento terminal acoplado)	101
Figura 62. Imagen del prototipo del mecanismo de leva en posición libre (elemento terminal desacoplado).....	101
Figura 63. Imagen de la conexión eléctrica provisional del acople - elemento terminal	102
Figura 64. Imagen de la pinza de seis barras.....	103
Figura 65. Imagen de comprobación de los resultados de diseño de apertura máxima de la pinza de seis barras	104
Figura 66. Imagen de la pinza de seis barras y la característica de agarre adaptativo	105
Figura 67. Imagen del mecanismo excéntrico en posición centrada.....	105
Figura 68. Imagen del mecanismo excéntrico en posición descentrada.....	106
Figura 69. Imagen del prototipo del elemento terminal – Taladro.....	106
Figura 70. Imagen de la zona de fricción entre la leva y el vástago.....	107
Figura 71. Imagen de los tres módulos realizados en el proyecto; Acople universal, Pinza de seis barras y Taladro	109
Figura 72. Imagen del robot IRB 140 con la pinza de seis barras integrada.....	110
Figura 73. Imagen del taladro acoplado al robot Industrial IRB140.....	110
Figura 74. Ejemplo de uso de distintos elementos terminales de INTEL.[10].....	112
Figura 75. Soportes para futuras integraciones	113
Figura 76. Imagen de vista de perfil de la leva.....	117
Figura 77. Barra de complementos de SolidWorks.....	117
Figura 78. Vista de corte del Acople	118
Figura 79. Imagen del mecanismo de leva	118
Figura 80. Angulo de presión máximo	119
Figura 81. Grafica de diagrama de desplazamiento	119
Figura 82. Parámetros de velocidad y sentido de giro del servomotor en SolidWorks Motion	120
Figura 83. Parámetros de contacto entre vástago y leva en SolidWorks Motion.....	121
Figura 84. Parámetros del resorte en SolidWorks Motion	122
Figura 85. Diagrama de desplazamiento lineal del vástago frente al tiempo.....	123
Figura 86. Vista detallada de la leva	123
Figura 87. Grafico del par motor de la leva frente al tiempo	124
Figura 88. Fluctuación inicial.....	124
Figura 89. Imagen Tren de engranajes de la Pinza.....	125
Figura 90. Vista perfil tren de engranajes Pinza.....	126
Figura 91. Imagen de las trayectorias de los nudos del mecanismo de seis barras	128
Figura 92. Diagramas del desplazamiento angular frente al tiempo de la barra rotativa del mecanismo de seis barras.....	128
Figura 93. Diagramas del desplazamiento lineal frente al tiempo del dedo del mecanismo de seis barras	129
Figura 94. Parámetros de fuerza aplicada al dedo en SolidWorks Motion	130
Figura 95. Diagramas del Par motor frente al tiempo de la barra rotativa del mecanismo de seis barras.....	130

Figura 96. Definición del modelo de elementos finitos a partir del modelo de diseño para una pieza del mecanismo de seis barras.	133
Figura 97. Definición sujeciones y fuerza.	134
Figura 98. Resultado del estudio estático	134
Figura 99. Barra larga del mecanismo de seis barras	135
Figura 100. Esquema estudio estático Acople universal	136
Figura 101. Esquema estudio estático Acople universal	136
Figura 102. Vista del soporte y el adaptador del Acople universal.....	137
Figura 103. Esquema estudio estático Acople universal	140
Figura 104. Esquema estudio estático Base inferior	143
Figura 105. Vista de la zona de contacto entre el acople cruz y el eje de la leva.....	147
Figura 106. Esquema estudio estático la Pinza de seis barras	151
Figura 107. Esquema estudio estático la Pinza de seis barras	155
Figura 108. Esquema estudio estático del soporte rail	158
Figura 109. Esquema estudio estático con la carga aplicada perpendicularmente al movimiento del dedo	162
Figura 110. Esquema de estudio estático con la carga aplicada paralelamente al movimiento del dedo	166
Figura 111. Imagen estudio estático dedo	170
Figura 112. Esquema estudio estático Taladro	171
Figura 113. Imagen de solidworks de diseño de una pieza	177
Figura 114. Proceso de exportación de un archivo STL	178
Figura 115. Imagen de preparación de impresión 3D usando el software de CURA .	179
Figura 116. Imagen de zonas de creación de soportes	179
Figura 117. Imagen de algunos parámetros de CURA para la impresión 3D	180
Figura 118. visualización de la trayectoria de la impresión por capas.....	180
Figura 119. Imagen de la impresora ANYCUBIC i3 MEGA	181
Figura 120. Especificaciones técnicas de la impresora 3D ANYCUBIC i3 MEGA...	181
Figura 121. Imagen de calibración de ANYCUBIC i3 MEGA mediante un folio A4	182
Figura 122. Imagen de una pieza impresa 3D que forma parte del prototipo	183
Figura 123. Esquema eléctrico de la simulación del acoplador y la pinza de seis barras	185
Figura 124. Imagen del esquema eléctrico para el control de la pinza de seis barras ..	186
Figura 125. Imagen de parámetros de CURA.	193

Índice de tablas

Tabla 1. Planificación temporal.....	6
Tabla 2. Tabla de piezas mecanizadas espaciales	189
Tabla 3. Tabla de los componentes mecánicos normalizados	190
Tabla 4. Tabla de los componentes eléctricos	191
Tabla 5. Costes totales	194

DOCUMENTO 1: MEMORIA

1 Introducción

1.1 Interés

La fabricación moderna trata de acelerar los procesos de fabricación usando la automatización de los procesos en todas las áreas posibles de la industria. Hoy en día es difícil imaginar un proceso de fabricación a gran escala sin la necesidad de un robot industrial. La demanda mundial de robots industriales crece cada año y seguirá creciendo según los estudios de *International Federation of Robotics* [1] (ver Figura 1).

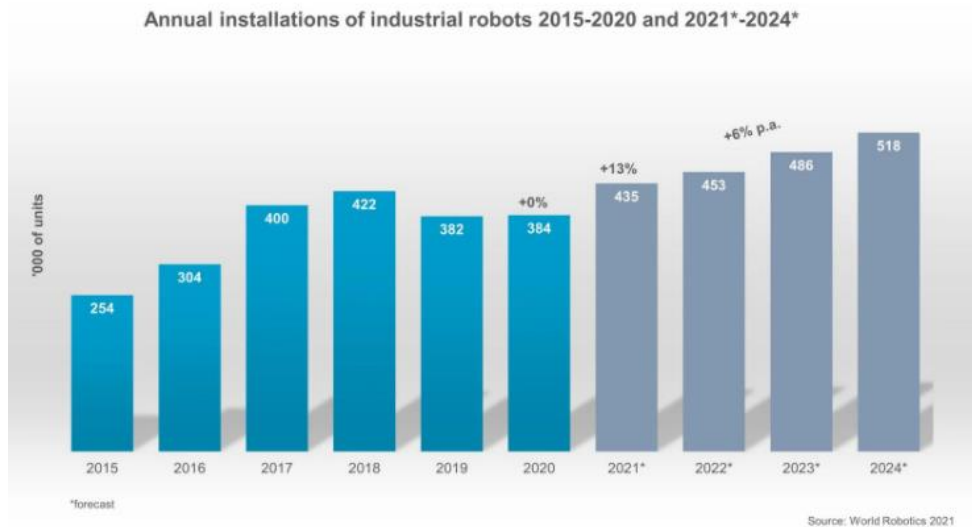


Figura 1. Diagrama estadístico de instalaciones anuales de robots industriales. Fuente:[1]

El informe World Robotics 2021 Industrial Robots muestra un récord de 3 millones de robots industriales operando en fábricas de todo el mundo, lo que supone un aumento del 10%. Las ventas de nuevos robots crecieron ligeramente, un 0,5%, a pesar de la pandemia mundial, con 384.000 unidades enviadas en todo el mundo en 2020.

Se espera que las instalaciones de robots globales se recuperen con fuerza, aumentando un 13% a 435 000 unidades en 2021, superando el nivel récord alcanzado en 2018. Se espera que las instalaciones de América del Norte crezcan un 17% a casi 43 000 unidades. Se confía en que los establecimientos de Europa se desarrollen en un 8%, hasta alrededor de 73.000 unidades [1].

Con 126 robots por cada 10 000 empleados, esta es la nueva densidad promedio de robots en la industria mundial y casi el doble de lo que era hace cinco años (2015: 66). Según el Informe Mundial de Robótica 2021.

Por regiones, la densidad media de robots en Asia/Australia es de 134 unidades, en Europa de 123 unidades y en América de 111 unidades. Los 5 países más automatizados del mundo son: Corea del Sur, Singapur, Japón, Alemania y Suecia. Ver Figura 2.

"La densidad de robots es el barómetro para seguir el grado de adopción de la automatización en la industria manufacturera de todo el mundo", afirma Milton Guerry, Presidente de la Federación Internacional de Robótica [2].

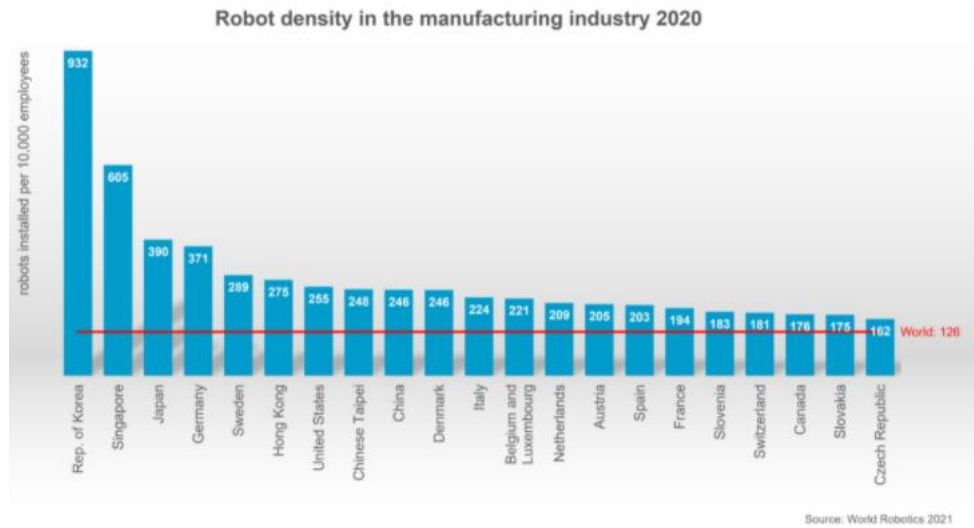


Figura 2. Gráfico estadístico de la densidad robótica en la industria por países. Fuente:[2]

Todos estos informes afirman que la producción y el desarrollo de nuevos robots para la industria en el próximo futuro ira creciendo.

Los procesos de fabricación son cada vez más complejos y los robots industriales siguen la misma tendencia, un robot no solo puede realizar una sola tarea sino varias, usando distintas herramientas de trabajo para realizar el proceso necesario. Para que un robot pueda realizar distintas tareas montaje (mecanizado, soldadura, etc), es necesario el uso de distintas herramientas. Estas pueden ser intercambiables y universales para el robot. El proceso de cambio de herramienta se puede realizar mediante la instalación o colocación a mano por parte de uno o varios operarios, siendo un proceso que puede tomar mucho tiempo (ver Figura 3. Imagen de operario realizando tarea de cambio de cambio de un elemento terminal de soldadura de un robot industrial.



Figura 3. Imagen de operario realizando tarea de cambio de cambio de un elemento terminal de soldadura de un robot industrial.



Figura 4. Imagen de un robot industrial con cambiador de elemnto terminal automatico.

Existe la posibilidad de un cambio automático dirigido por el propio robot que es mucho más eficiente que el método tradicional (Figura 4). Usando este método de

cambio del terminal se elimina la necesidad de intervención humana directa lo que permite ahorrar tiempo. Además, elimina la necesidad de entrar en contacto directo con la máquina, lo que puede suponer una situación de riesgo para el operario.

Este trabajo se centra en el diseño, fabricación y montaje de un mecanismo que permite un cambio automático de herramienta para un robot industrial IRB140 de la compañía ABB.

1.2 Objetivos

El objetivo de este trabajo es el diseño y desarrollo de un sistema de efectores finales intercambiables automáticamente para el robot industrial IRB-140.

Los objetivos principales son:

- Diseñar acoplador universal que permita un cambio de herramienta automático para el robot IRB140 de ABB.
- Diseño de elemento terminal universal - Pinza de seis barras integrable al acoplador.
- Diseño de elemento terminal universal - Taladro con adaptador universal integrable al acoplador.
- Garantizar los requisitos de seguridad para ofrecer un trabajo seguro y reducir la posibilidad de accidentes. En el apartado de Seguridad del Requisitos del diseño se especifican detalladamente.
- Fabricación y montaje de un prototipo funcional del acoplador universal, la pinza de seis barras y el taladro.

1.3 Resumen de resultados

La principal aportación de este trabajo consiste en el diseño, fabricación y validación de un prototipo de un acople universal para el robot de IRB 140 de ABB. El acople permite la operación con distintos elementos terminales o herramientas multifunción. Además, se han diseñado dos elementos terminales para otorgar al robot de nuevas funcionalidades: una pinza de seis barras que convierte el movimiento circular del servomotor a un movimiento lineal de los dedos de agarre; también se incorpora un mecanismo de sobrecargas que mejora el agarre de la pinza. Además, un taladro con adaptador universal con posibilidad de variar la fuerza de aplicación de la punta manualmente para el uso de tareas de montaje, taladrado, mecanizado, etc. Todos estos dispositivos se diseñaron y analizaron para llegar a la construcción de un prototipo totalmente funcional y operativo. Esto se ha llevado a cabo, con los prototipos construidos se han realizado pruebas para demostrar su correcto funcionamiento.

El acople universal hace su tarea de acoplamiento y desacoplamiento con las tolerancias propuestas en el diseño y la seguridad requerida. La pinza de seis barras consigue un agarre flexible y adaptativo para los usos propuestos. La construcción del segundo elemento terminal también manejable por el acople universal se ha realizado con éxito.

Finalmente, se ha experimentado con la interfaz eléctrica de comunicación entre el robot y los elementos terminales que es posible gracias a los conectores de contacto colocados sobre los elementos terminales y el acople universal.

1.4 Fases de desarrollo y planificación temporal

A continuación, se expone el tiempo invertido en elaboración del TFG en función de las tareas que se han desarrollado, así como las cuatro fases por las que ha transcurrido.

La primera fase se llevó a cabo desde mayo de 2020 hasta agosto de 2020 e incluye una búsqueda de información sobre elementos terminales intercambiables para los robots industriales. Se analizan diseños e ideas ya existentes en el mercado.

Fase de diseño. En esta segunda fase se proceden a diseñar las primeras ideas y propuestas. Se estudió y recopiló información de la guía técnica del IRB140 del ABB para consultar las capacidades técnicas del robot. Se modelaron en 3D mediante *SolidWorks* las primeras versiones del acople universal y la pinza de seis barras. Una vez definidas las piezas y su función se ha realizado la impresión 3D de algunos componentes para comprobar su adecuado dimensionamiento y resistencia mecánica. Posteriormente se dimensionaron aplicando los conocimientos de diseño de máquinas y cálculo de máquinas adquiridos en las asignaturas impartidas en el grado, así como utilizando los análisis de *SolidWorks*. En función de los resultados se ha tenido que redimensionar algunos componentes.

Fase de realización del prototipo. Una vez verificados y analizados los modelos virtuales se procede la impresión de los componentes y su montaje en ensamblajes. Se comprueba su correcto funcionamiento y se hacen pruebas del acoplamiento y desacoplamiento del acople universal. Se ponen en marcha los servomotores para hacer pruebas con el acople y la pinza de seis barras. También se hace el diseño del segundo elemento terminal, el taladro.

En la fase final se ha procedido a realizar los planos de las piezas, la redacción del TFG y se ha hecho una demostración del funcionamiento del prototipo en el evento de La noche europea de los investigadores 2021 en Almería.

Tabla 1. Planificación temporal

	Periodo de tiempo	Actividad realizada	Duración
Primera fase- “Recopilación de información”	Mayo-Julio (2020)	- Búsqueda de diseños existentes en el mercado	7 días
		- Diseño primitivo de los primeros bocetos	5 días
Segunda fase “Diseño”	Septiembre(2020)- Enero (2021)	- Diseño virtual primitivo de del Acople universal en SolidWorks	4 días
		- Consultas técnicas de la guía del IRB140 del ABB	1 día
		- Diseño, pruebas y análisis en SolidWorks	20 días
		- Cálculos analíticos y dimensionamientos previos	3 días

		- Diseño del primer elemento terminal, la Pinza de seis barras	11 días
		- Cálculos analíticos del acople universal y la pinza de seis barras	6 días
		- Redimensionamiento y mejoras de los diseños de las piezas	6 días
		- Impresión 3D de algunos componentes para comprobar y analizar su resistencia y comportamiento mecánico	3 días
		- Impresión 3D de las piezas del acople universal y la pinza de seis barras	13 días
		- Ensamblaje de las piezas, componentes estandarizados y otros componentes disponibles en el mercado	8 días
Tercera fase “prototipo”	Marzo – Junio (2021)	- Prueba de funcionamiento del prototipo del acople universal y la pinza de seis barras	3 días
		- Diseño del segundo elemento terminal, el Taladro	5 días
		- Investigación sobre posibles futuros diseños de integraciones sobre el acople universal	4 días
		- Realización de los planos de los componentes que forman los ensamblajes	8 días
Cuarta fase “Redacción”	Septiembre – Diciembre (2021)	- Redacción de la memoria del TFG	24 días
		- Presentación del prototipo en La noche Europea de los Investigadores	1 día
		- Revisión y cambios de la memoria	7 días
	Tiempo total		139 días

Según la tabla, el tiempo empleado suma un total de 139 días. Si se ha dedicado una media de 4 horas al diarias, la duración total del proyecto ha sido 556 horas totales.

1.5 Competencias del título usadas en el TFG

Durante los estudios de un grado académico universitario de deben de haber alcanzado una serie de competencias profesionales que se acreditan con el título y tienen un carácter general.

Las competencias vienen definidas el R.D. 1393/2007, de 29 de octubre, y están dirigidas a la adquisición por el estudiante de una formación general, en una o varias disciplinas, orientada a la preparación para el ejercicio de actividades de carácter profesional. Se irán adaptando progresivamente y según lo establecido por el vigente R.D. 822/2021, de 28 de septiembre, que establece la organización de las enseñanzas universitarias y del procedimiento de aseguramiento de su calidad [3].

- CB1. Poseer y comprender conocimientos.

- CB4. Capacidad de comunicar y aptitud social.
- CB5. Habilidad de aprendizaje.
- UAL2. Habilidad en el uso de las TIC.
- UAL4. Comunicación oral y escrita en la propia lengua.
- UAL7. Conocimiento de una segunda lengua.
- UAL9. Capacidad para aprender a trabajar de forma autónoma.

En el caso concreto de la Ingeniería mecánica en la universidad de Almería las competencias aplicadas en la realización de este trabajo fin de grado son las siguientes:

- CT3. Conocimiento en materias básicas y tecnológicas, que les capacite para el aprendizaje de nuevos métodos y teorías, y les dote de versatilidad para adaptarse a nuevas situaciones.
- CT4. Capacidad de resolver problemas con iniciativa, toma de decisiones, creatividad, razonamiento crítico y de comunicar y transmitir conocimientos, habilidades y destrezas en el campo de la Ingeniería Mecánica Industrial.
- CT10. Capacidad de trabajar en un entorno multilingüe y multidisciplinar.
- TFG. Ejercicio original para realizar individualmente, presentar y defender ante un tribunal universitario, consistente en un proyecto en el ámbito de las tecnologías específicas de la Ingeniería Mecánica Industrial de naturaleza profesional en el que se sintetizan e integran las competencias adquiridas en las enseñanzas.

2 Estado de la técnica

2.1 Historia sobre evolución de las herramientas multifunción

Los cambiadores automáticos de herramienta (ATI - Automatic Tool Changer) se utilizaron por primera vez en máquinas de arranque de virutas, como fresadoras y tornos (ejemplo en Figura 5. Un cambiador de herramientas automático de tipo cadena con brazo giratorio y dos pinzas. Los sistemas de reordenación automática de herramientas también se han utilizado en máquinas para trabajar la chapa. Las dobladoras de paneles tienen un dispositivo integrado, controlado por CNC, que permite mover los punzones en función del tamaño de la pieza. El cambio automático de herramientas en las plegadoras se limitaba a las máquinas integradas en una célula de plegado robotizada. Normalmente, un robot de 6 ejes utilizado para manipular las chapas en bruto también se encarga de cambiar los punzones y las matrices entre diferentes lotes.

Sin embargo, desde la segunda década del siglo XXI, han aparecido cambiadores de herramientas automáticos en prensas plegadoras no robotizadas. La configuración más común es un estante de herramientas en el lateral de las prensas plegadoras, con una lanzadera que recoge las herramientas y las coloca donde se necesitan. Esto reduce el esfuerzo físico del operario y aumenta la productividad global [4].



Figura 5. Un cambiador de herramientas automático de tipo cadena con brazo giratorio y dos pinzas

2.2 Patentes

Existe una gran variedad de patentes sobre los sistemas de cambio de herramienta automático. Las primeras patentes relacionadas con el cambio automático de herramientas fueron los diseños específicamente orientados a máquinas industriales como tornos, fresadoras y otras máquinas CNC. Posteriormente, surgieron los primeros prototipos y patentes enfocados a robots industriales.

A continuación se enumeran y explican distintas patentes que tiene un amplio uso en la industria a día de hoy.

- Patente de Michael L. GlodenLeonard y Aaron OdhamMark D. Bordeaux

Un cambiador de herramientas robotizado que tiene una unidad maestra y una unidad de herramientas adaptadas para ser acopladas. Se puede observar en Figura 6. En la unidad maestra del cambiador robótico de herramientas hay un pistón móvil entre las posiciones de bloqueo y desbloqueo. El pistón incluye un área de contacto que tiene una superficie de desbloqueo, una superficie de seguridad y una superficie de bloqueo. También se proporciona una serie de miembros rodantes contenidos dentro de un área de retención que son accionados por el pistón para bloquear la unidad maestra a la unidad de herramienta. Por ejemplo, el pistón engancha los miembros rodantes y los impulsa a una relación de bloqueo con una pista de rodamiento que forma parte de la unidad de la herramienta. Para evitar el movimiento inadvertido o accidental del pistón desde la posición de bloqueo a la posición de desbloqueo, el pistón está provisto de una superficie de retardo generalmente dispuesta entre la superficie de bloqueo y la superficie de desbloqueo en el pistón para retardar el movimiento del pistón cuando éste se mueve desde la posición de bloqueo a la posición de desbloqueo [5].

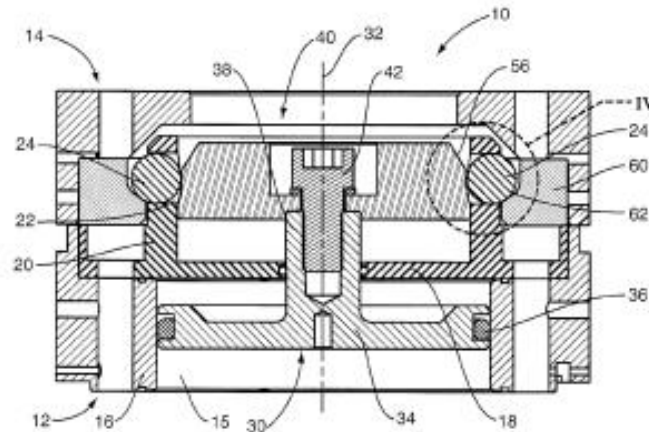


FIG. 3

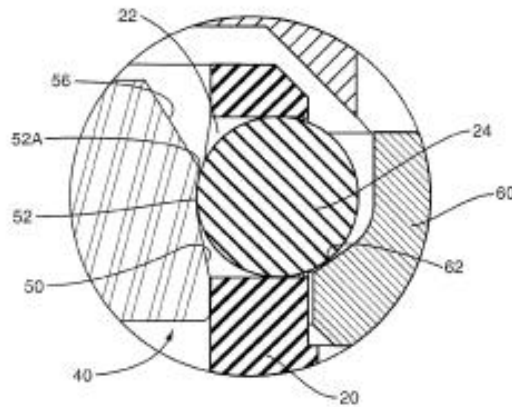


FIG. 4

Figura 6. Mecanismo de bloqueo de bola de acero para un cambiador automático con número de patente US8005570B2

- Patente US20120277080A1 de Alexander Strotzer

Se trata de una patente con enfoque en la interfaz eléctrica entre los módulos, teniendo los mismos principios mecánicos que la patente mencionada anteriormente:

El cambiador de herramientas robóticas acopla de forma removible una herramienta robótica a un brazo robótico. El cambiador incluye un módulo de herramientas conectado a la herramienta robótica y un módulo maestro conectado al brazo robótico. Para acoplar y desacoplar la herramienta robótica, el cambiador acopla y desacopla el módulo de herramientas y el módulo maestro. Un módulo de señal eléctrica (ESM) maestro se acopla al módulo maestro y un ESM de la herramienta se acopla al módulo de la herramienta. El cambiador aplica la misma fuente de alimentación tanto al ESM maestro como al ESM de la herramienta. El cambiador, sin embargo, suprime selectivamente la aplicación de la fuente de alimentación al ESM de la herramienta, mientras mantiene la aplicación de la fuente de alimentación al ESM maestro, durante el acoplamiento o desacoplamiento del módulo maestro y el módulo de la herramienta. De

este modo, el cambiador permite dicho acoplamiento y desacoplamiento, al tiempo que evita la formación de arcos eléctricos transitorios [6].

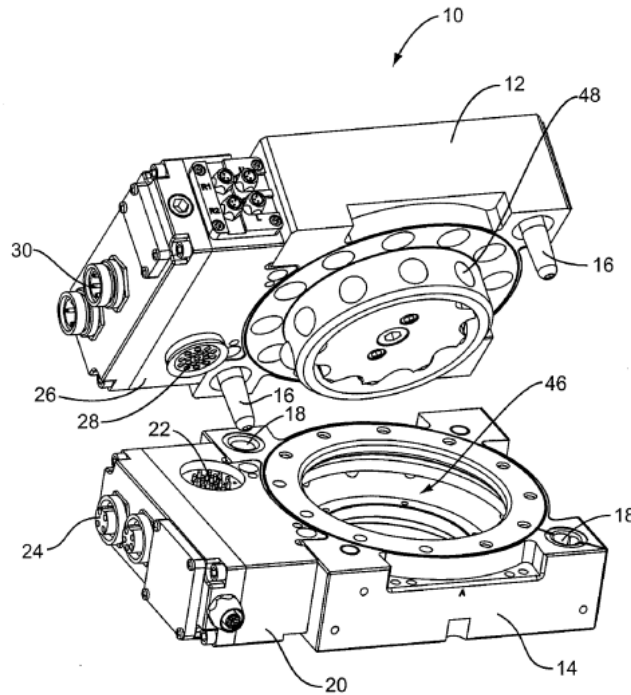


Figura 7. Imagen de un cambiador automatico de herramientas con numero de patente US20120277080A1 de Alexander Strotzer

Ambas patentes tienen como fuente de activación de sus mecanismos los circuitos que usan aire comprimido para poder acoplar y desacoplar la herramienta. Otra similitud que comparten son las bolas de bloqueo que, mediante un pistón activado por el aire, hace empujar las bolas para cerrar la herramienta de la Figura 7. Estas patentes tienen la misma finalidad que el acople universal diseñado en este trabajo. La misma finalidad no significa que los diseños sean idénticos, se comparten ideas, pero los mecanismos mecánicos de activación son diferentes.

2.3 Productos comerciales

En esta etapa, se ha realizado un estudio de mercado de las diferentes productos ya existentes en el mercado que actualmente fabrican cambiadores de herramientas robóticas. En concreto, la búsqueda se ha enfocado hacia las marcas dominantes en el mercado.

2.3.1 ATI INDUSTRIAL AUTOMATION

ATI INDUSTRIAL AUTOMATION es el líder mundial en el desarrollo de accesorios robóticos y utillaje para brazos robóticos, incluyendo Cambiadores Automáticos de Herramientas, Sistemas de Sensores de Fuerza/Torque Multi-Eje, Acopladores Utilitarios, Herramientas de Eliminación de Material, Sensores de Colisión Robóticos, etc. Desde 1989, la empresa desarrolla productos y soluciones de efectores finales rentables y de última generación que mejoran la productividad de los robots.

En la gama de los cambiadores automáticos la empresa divide sus productos en cambiadores de herramientas de cambio rápido estándar y cambiadores de herramientas de cambio rápido de automatización pesada.

Cambiadores de herramientas de cambio rápido estándar: Ver Figura 8. Esta serie de cambiadores de herramientas está construida en torno a un cuerpo "redondo" con puertos neumáticos integrados y nuestro mecanismo de bloqueo patentado de alta resistencia. Hay una variedad de módulos eléctricos disponibles para su uso con la serie estándar.



Figura 8. Cambiadores de herramientas de cambio rápido estándar del fabricante ATI

Cambiadores de herramientas de cambio rápido de automatización pesada. Ver Figura 9. Cambiadores de herramientas de cambio rápido de automatización pesada. La serie de cambiadores de herramientas de automatización pesada está construida alrededor de un cuerpo "cuadrado" y utiliza un mecanismo de bloqueo patentado de alta resistencia. Esta serie de cambiadores de herramientas tiene un diseño más modular, con una amplia variedad de módulos eléctricos, neumáticos, de fluidos y de alta potencia disponibles. Los cambiadores de herramientas de automatización pesada se utilizan habitualmente en aplicaciones de manipulación de materiales pesados y de soldadura primaria y secundaria.



Figura 9. Cambiadores de herramientas de cambio rápido de automatización pesada del fabricante ATI

2.3.2 STÄUBLI

Stäubli es una empresa suiza de mecatrónica, conocida principalmente por su maquinaria textil, conectores y productos de robótica. En 1956, la empresa diversificó su línea de productos en el campo de la hidráulica y la neumática y comenzó la producción de acoplamientos de acción rápida.

La empresa ofrece una gran variedad de productos según las necesidades de los clientes.

Un ejemplo concreto es el cambiador de herramientas robotizado MPS 260 que se puede observar en la Figura 10.



Figura 10. Ejemplo de un cambiador automático industrial MPS 260 del fabricante Stäubli

Este cambiador automático de herramientas diseñado para una capacidad de carga media también es adecuado para robots de todos los fabricantes y puede adaptarse de muchas maneras a los procesos de producción específicos del cliente. Una solución robusta para el final del brazo ofrece muchos componentes y módulos para la transmisión de medios, datos y energía, la neumática, el

vacío y la refrigeración, así como el rendimiento de la señal y la energía y la corriente primaria.

Las características de MPS 260 son las siguientes:

- Carga útil de hasta 350 kg
- Momento de flexión de hasta 2.000 Nm (estático), 7.000 Nm (dinámico)
- Momento de torsión hasta 2.000 Nm (estático), 7.000 Nm (dinámico)
- Bloqueo: neumático (protección adicional por muelle compuesto en caso de caída de presión)
- Presión de funcionamiento: 0,45 MPa - 1,0 MPa
- Conexión por brida según EN ISO 9409-1-125-11-M10

3 Especificaciones de diseño

En este apartado se especifican las normativas y los requisitos a cumplir para llevar a cabo un diseño normalizado.

3.1 Normativa aplicable

Las normativas que tiene que cumplir el diseño desarrollado en este trabajo son las normativas aplicadas para el robot IRB 140 de ABB. Un robot Industrial tiene que cubrir un amplio abarcamiento de normativas, sobre todo normativas de seguridad. El producto se diseñó de acuerdo con los requisitos de EN ISO 10218-1, Robots for industrial environments - Safety requirements -Part1 Robot.

En la Figura 11. Tabla de las normas aplicables que cumple el robot IRB140 que se han tenido en cuenta al desarrollar el robot [6].

Normas, EN ISO

El producto se diseñó de acuerdo con partes seleccionada de:

Norma	Descripción
EN ISO 12100:2010	Safety of machinery - General principles for design - Risk assessment and risk reduction
EN ISO 13849-1:2015	Safety of machinery, safety related parts of control systems - Part 1: General principles for design
EN ISO 13850:2015	Safety of machinery - Emergency stop - Principles for design
ISO 9787:2013	Robots and robotic devices -- Coordinate systems and motion nomenclatures
ISO 9283:1998	Manipulating industrial robots, performance criteria, and related test methods
EN ISO 14644-1:2015 ⁱ	Classification of air cleanliness
EN ISO 13732-1:2008	Ergonomics of the thermal environment - Part 1
EN 61000-6-4:2007 + A1:2011 IEC 61000-6-4:2006 + A1:2010 (opción 129-1)	EMC, Generic emission
EN 61000-6-2:2005 IEC 61000-6-2:2005	EMC, Generic immunity
EN IEC 60974-1:2012 ⁱⁱ	Arc welding equipment - Part 1: Welding power sources
EN IEC 60974-10:2014 ⁱⁱ	Arc welding equipment - Part 10: EMC requirements
EN IEC 60204-1:2016	Safety of machinery - Electrical equipment of machines - Part 1 General requirements
IEC 60529:1989 + A2:2013	Degrees of protection provided by enclosures (IP code)

ⁱ Sólo robots con protección Clean Room.

ⁱⁱ Sólo válido para los robots de soldadura al arco. Sustituye a EN IEC 61000-6-4 para los robots de soldadura al arco.

Figura 11. Tabla de las normas aplicables que cumple el robot IRB140 de ABB

Y las normas específicamente europeas vienen dadas en la Figura 12.

Normas europeas

El producto se diseñó de acuerdo con partes seleccionada de:

Norma	Descripción
EN 614-1:2006 + A1:2009	Safety of machinery - Ergonomic design principles - Part 1: Terminology and general principles
EN 574:1996 + A1:2008	Safety of machinery - Two-hand control devices - Functional aspects - Principles for design

Figura 12. Tabla de las normas europeas que cumple el IRB140

4 Requisitos del diseño

Los requisitos que posee el diseño del acople universal y los elementos terminales que se colocaran deben de cumplir con las normas mencionadas en el apartado anterior.

Posteriormente se evaluarán los requisitos específicos para la finalidad de este trabajo y la importancia de cada uno de ellos.

4.1 Seguridad

El acople universal debe de garantizar su seguro funcionamiento durante el proceso de trabajo y bajo circunstancias inesperadas como puede ser una interrupción en la corriente de suministro. Bajo cualquier motivo de corte de la corriente eléctrica, el mecanismo del acople universal garantiza que el elemento terminal permanecerá fijo y sin caer.

Por otro lado, el acople debe de permanecer unido al elemento terminal puesto la fuerza de 20N colocada en el extremo de la pinza de seis barras de forma más desfavorable para el diseño.

4.2 Tolerancias y precisión

IRB 140 trabaja con una gran precisión para el sector industrial, las tolerancias admisibles no alcanzan un milímetro, según se indica en la guía IRB 140 [6], el fragmento de interés se muestra en la Figura 13.

1.6.3 Calibración Absolute Accuracy

Finalidad

Absolute Accuracy es un concepto de calibración que mejora la exactitud del TCP. La diferencia entre un robot ideal y un robot real puede ser de varios milímetros, como resultado de las tolerancias mecánicas y la desviación de la estructura del robot. Absolute Accuracy compensa dichas diferencias.

Posición	Descripción	Posición	Descripción
A	Posición programada	E	Trayectoria programada
B	Posición media durante la ejecución del programa	D	Trayectoria actual durante la ejecución del programa
AP	Distancia media desde la posición programada	AT	Desviación máxima desde E con respecto a la trayectoria media
RP	Tolerancia de la posición B en caso de posicionamiento repetido	RT	Tolerancia de la trayectoria con la ejecución repetida del programa

Descripción	Valores
IRB	140-6/0.8 y 140T-6/0.8
Repetibilidad de pose, RP (mm)	0.03
Exactitud de pose, AP ⁱ (mm)	0.02
Repetibilidad de trayectoria lineal, RT (mm)	0.08
Exactitud de trayectoria lineal, AT (mm)	0.67
Tiempo de estabilización de pose, PSt (s) dentro de 0,2 mm de la posición	0.08

ⁱ El valor AP en la prueba ISO anterior es la diferencia entre la posición programada (posición modificada manualmente en la célula) y la posición media obtenida durante la ejecución del programa.

Figura 13 Tabla de tolerancias y desviaciones según la guía de IRB140.

Según las tablas de tolerancias (Figura 13) se observa que los valores son despreciables, entonces el problema de desviación que puede haber el robot no es tan grave como puede ser a la hora de acoplamiento un mal posicionamiento del elemento terminal. También pueden influir factores externos que desplacen, inclinen o muevan el elemento terminal cuando está situado a la espera del acoplamiento.

Los requisitos que se proponen para el acoplador universal son adaptación al acoplamiento con un margen de tolerancia de hasta 9 mm lineal y desviación angular de hasta 10°.

4.3 Otros requisitos

4.3.1 Automatización

Unos de los requisitos principales del acople universal es que permita el cambio automático del elemento terminal sin necesidad de intervención por parte de un operario. Debe ser un acople seguro, eficiente y rápido. Eliminar el contacto directo por parte del operario en esta tarea del proceso de fabricación ayudará a un entorno de trabajo más seguro.

4.3.2 Fiabilidad

Otro requisito que se ha propuesto es la fiabilidad del diseño a usos repetitivos donde se requieren cambios de herramientas a intervalos con mucha frecuencia de intercambio. El mecanismo que lleva el acople de apertura y cierre debe ser fiable y resistente a los usos diarios a los que puede verse sometidos durante su vida útil. Para conseguir una

fiabilidad mayor el mecanismo debe de tener el mínimo número de piezas móviles posibles.

4.3.3 Eficiencia

La eficiencia que se requiere para el acople universal se traduce en el tiempo que se tarde de cambiar de un elemento terminal a otro. Se requiere un intercambio de herramientas que se ejecute con la máxima velocidad posible sin que esto suponga un perjuicio a los requisitos mencionados anteriormente.

4.3.4 Ejecución de Prototipo

Construcción de un prototipo funcional a escala real mediante impresión 3D de los principales componentes. Hacer una simulación demostrativa para confirmar el correcto funcionamiento de todos los mecanismos.

4.3.5 Sostenibilidad

El acoplador universal hace posible el intercambio de herramientas y permite el uso de herramientas universales independientemente del fabricante, lo que promueve la reducción de desperdicios (si se rompe el robot se puede usar la misma herramienta en otro distinto), favorece la interoperabilidad (robots de distintas marcas con herramientas de distintas marcas), aumenta potencialmente el campo de uso/aplicación de un robot (reduciendo la necesidad de adquirir robots especializados).

5 Proceso de diseño

El principal objetivo de este trabajo es diseñar mecánicamente un cambiador de elementos terminales robóticos y dos elementos terminales robóticos para el uso del robot de ABB, IRB140. En este apartado se expondrán el avance del diseño y de los tres módulos que se han diseñado: acople universal [en apartado 5.1], pinza de seis barras [en apartado 5.2] y taladro [en apartado 5.3].

Durante el proceso de diseño se han planteado varias alternativas, las cuales se han reflejado en distintas iteraciones del prototipo, para intentar alcanzar un diseño óptimo.

5.1 Proceso de diseño del mecanismo del acoplador

El mecanismo de acople es un mecanismo mecánico accionado por un motor eléctrico que convierte el movimiento circular del motor en movimiento lineal de los vástagos de modo que hace cerrar y abrir el acople. Este mecanismo funciona gracias a dos inventos sencillos inventados hace cientos de años, la leva mecánica y la cerradura de una puerta. Para entender cómo funciona el mecanismo del acople del robot habrá que ver cómo funcionan estos dos inventos:

La leva es un elemento mecánico que permite transformar el movimiento circular en movimiento rectilíneo mediante el contacto directo a un seguidor. La leva se sujeta a un eje por un punto que no es su centro geométrico, sino un alzado de centro. Generalmente tiene forma de ovoide. El giro del eje hace que el perfil de la leva toque, mueva, empuje o conecte con una pieza conocida como seguidor. Existen dos tipos de seguidores: de traslación y de rotación. Ver Figura 14.

La forma de una leva depende del tipo de movimiento que se desea que imprima en el seguidor

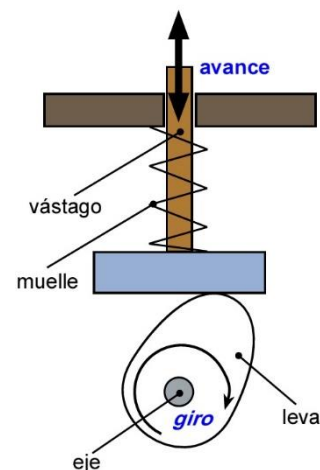


Figura 14. Ejemplo de un mecanismo leva y vástago

En el mundo de la mecánica le lava tiene una amplia aplicación. Ejemplos: árbol de levas de un motor de combustión interna; programador de lavadoras, etc. (Ver Figura 15).



Figura 15. Imagen de árbol de levas de un motor de combustión interna.

La **cerradura** es un mecanismo de metal que se usa en puertas, cajones, cofres, etc. para impedir que se puedan abrir sin la llave para proteger el contenido en su interior. Igual que el acople del robot el mecanismo de la cerradura se acciona mediante una llave que gira (movimiento circular) para poder desplazar un vástago (la petaca de la puerta). Se muestra en Figura 16.



Figura 16. Imagen de un mecanismo de cerradura de una puerta.

Combinando estos dos inventos en un mecanismo simple y fiable se obtiene el acople del robot que permite un agarre fuerte y seguro consiguiendo el cambio de herramienta en el menor tiempo posible sin la necesidad de intervención de un operario.

5.1.1 Mecanismo de apertura / cierre

El mecanismo de apertura y cierre consta principalmente de siete partes móviles; una leva central, tres vástagos deslizantes y tres muelles para que los vástagos puedan retroceder. En la Figura 17 se muestra el mecanismo con las partes mencionadas anteriormente.

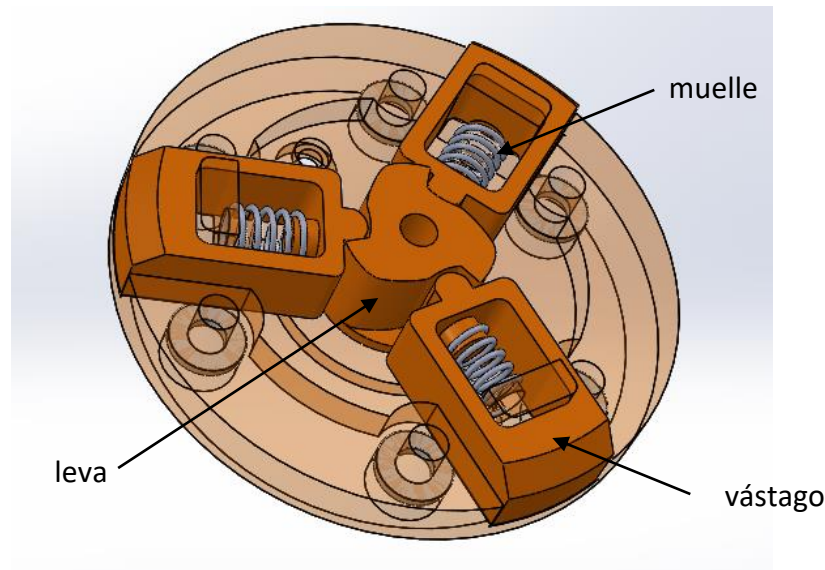


Figura 17. Mecanismo de leva del acople universal

El funcionamiento de apertura y cierre es simple, para ello disponemos de tres vástagos deslizantes orientados a 120 grados. Estos vástagos deslizan sobre una base que tiene canales para que los vástagos sigan la trayectoria lineal sin desviarse. Es importante a la hora de diseñar que estos canales tengan la tolerancia adecuada, en caso contrario pueden llegar a bloquear el mecanismo.

En el interior de cada vástago se ha introducido un muelle/resorte que tiene la función de mantener siempre el vástago en el interior del acople hasta que la leva no lo presione.

La leva de una sola pieza se encarga de desplazar los tres vástagos a la vez. El diseño del perfil de la leva permite que los vástagos salgan y retrocedan totalmente sincronizados. La sincronización es fundamental para el correcto funcionamiento.

El mecanismo tiene dos posiciones principales: una en la que los vástagos están dentro y otra en la que están desplazados a 4 mm hacia la periferia. Para la apertura y el cierre del conjunto es necesario girar la leva unos 90 grados. En la Figura 18 y la Figura 19 se muestran las dos posiciones del mecanismo mencionados anteriormente.

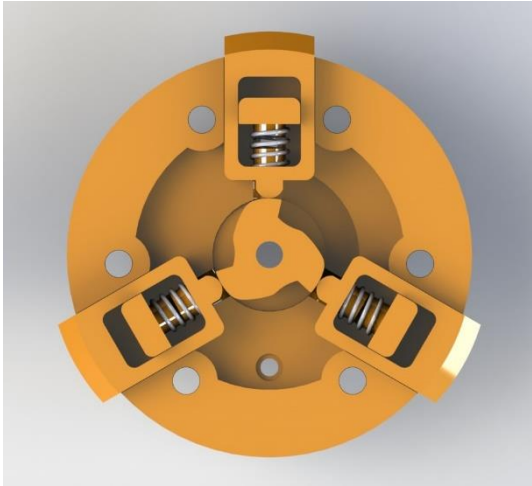


Figura 18. Mecanismo de leva en posición de bloqueo (elemento terminal acoplado)

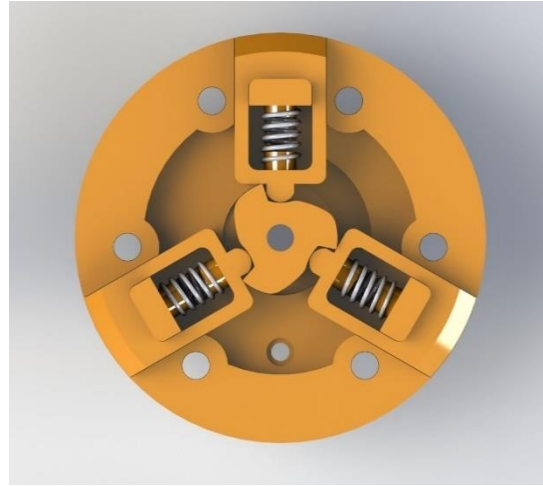


Figura 19. Mecanismo de leva en posición libre (elemento terminal desacoplado)

Es importante que la leva siempre esté en la posición 0° o 90° ya que en una posición intermedia no se puede completar el proceso de acople o desacople. Para ello es necesario la correcta programación del programa que dirige al servomotor y lo mantenga siempre en una de estas dos posiciones.

Para el giro de la leva se hace uso de un motor angular que hace girar la leva exactamente los grados que sean necesarios.

Para garantizar el giro de 90 grados, la leva lleva un tope que desliza sobre un canal integrado en la base y que hace tope así evitando que el motor se sobrepase. En el caso de que el motor gire más de lo necesario sea por error de programación o cualquier otro motivo, el tope lo evitará garantizando que la herramienta / pinza no se caiga. Esto se puede apreciar en la Figura 20.

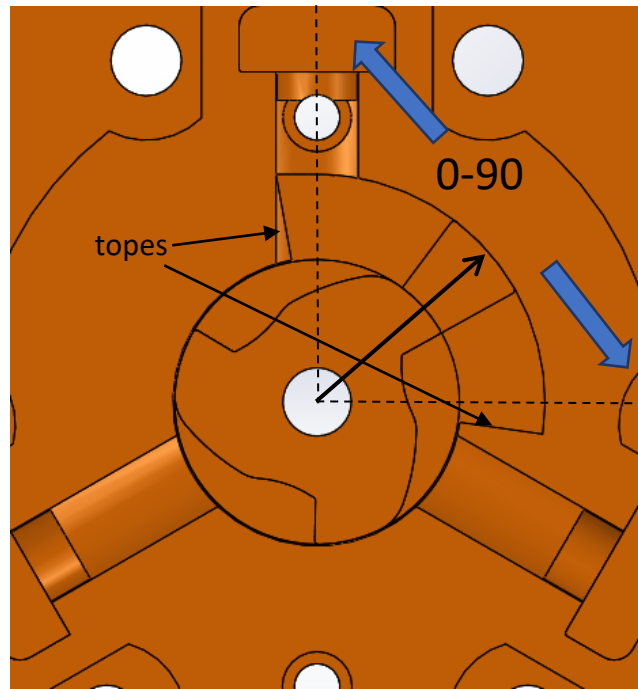


Figura 20. Margen de giro de la leva

Problema de desalineación

Al conectar el motor con la leva surge el problema de alineamiento que puede ser angular o axial. Un ejemplo de conexión turbina-motor eléctrico se muestra en la Figura 21. En la práctica nunca se suele conectar una turbina y un motor mediante un eje único ya que es casi imposible alinearlos perfectamente. Las consecuencias que puede provocar el montaje incorrecto son fuerzas excesivas en el motor y turbina lo que llevará a una ruptura de los cojinetes. Para evitar lo anteriormente mencionado se introduce un acople entre el motor y la turbina que permite pequeñas variaciones de desalineamiento asegurando un correcto funcionamiento.

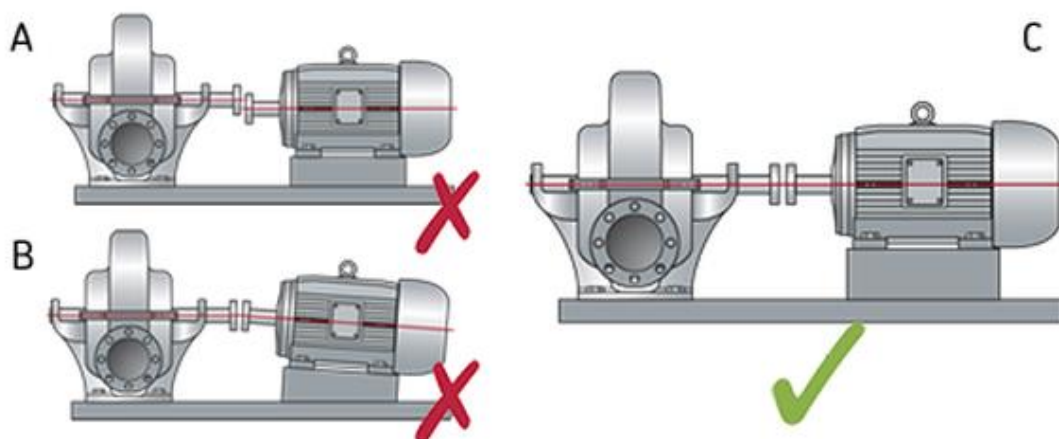


Figura 21. Ejemplo de problemas de desalineación de ejes de una bomba y un motor.

En el caso de la conexión entre la leva y el motor se ha usado un acople que también permite un montaje y desmontaje simple. Ver Figura 22. Este acoplamiento es de tipo rígido ya que consta solamente de dos piezas acopladas entre sí de tipo cruz.

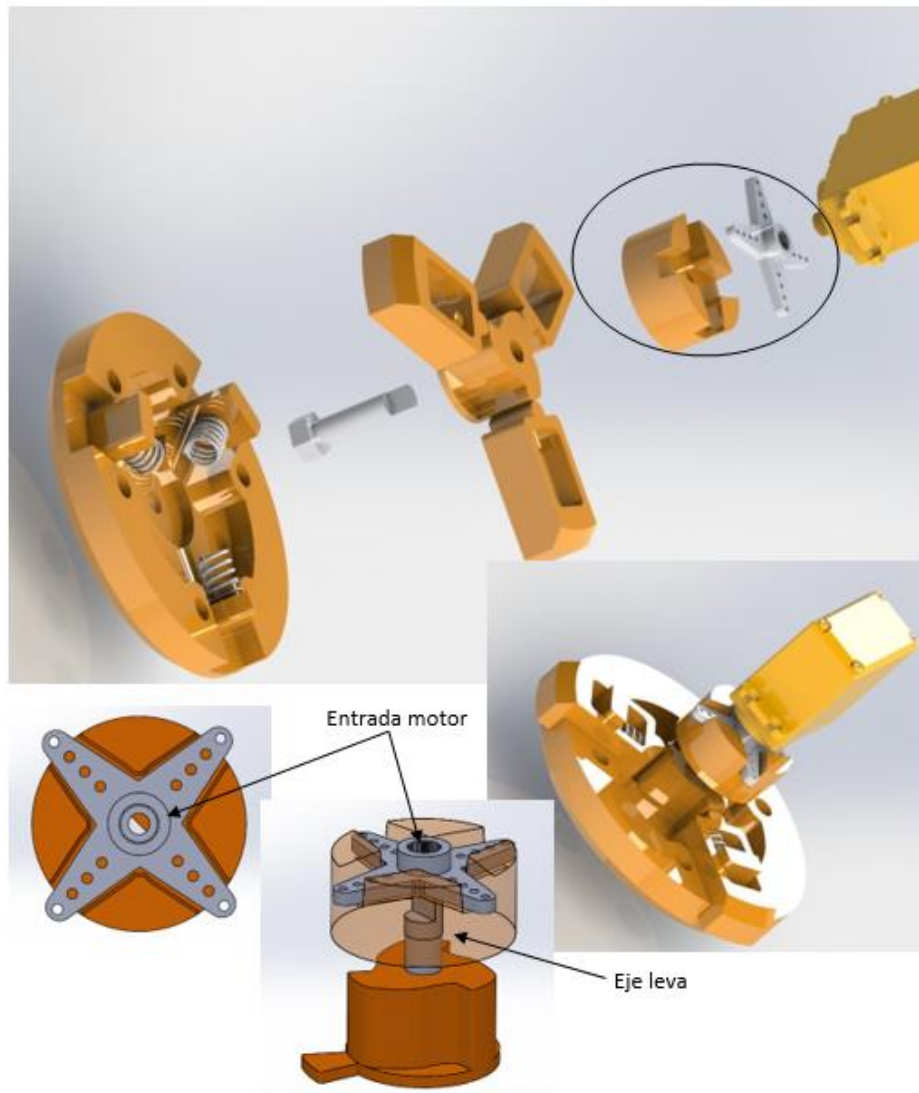


Figura 22. Imagen de conexión entre el servomotor y el eje de la leva del acople universal

5.1.2 Mecanismo bloqueo / seguridad

A la hora de la conexión del acople con la herramienta es imprescindible que esta conexión mecánica sea segura. Esto significa que la herramienta / pinza debe de permanecer encajada en el acople independientemente de las circunstancias externas que pueda haber como: vibraciones, deslizamientos, corte de corriente, etc. En la Figura 23 se puede visualizar el acople universal y una de las pinzas que el robot va a usar.

El acople universal formaría la parte fija del robot y va anclado a él. La idea es que el robot tendrá tantas pinzas o herramientas como sean necesarias y el acople será universal y encajará con cada una de ellas.

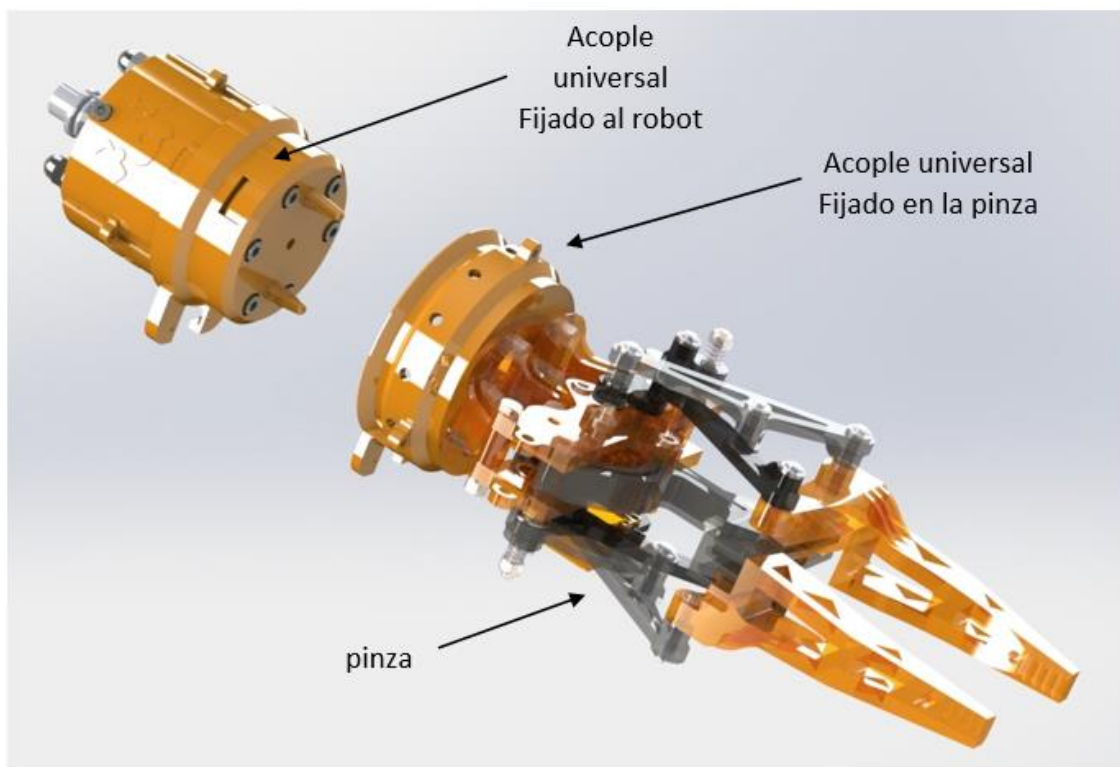


Figura 23. Imagen del conjunto del Acople universal y Elemento terminal (pinza de seis barras)

El mecanismo del anclaje entre el acople universal y la herramienta / pinza consta de los componentes principales mostrados en la Figura 24.

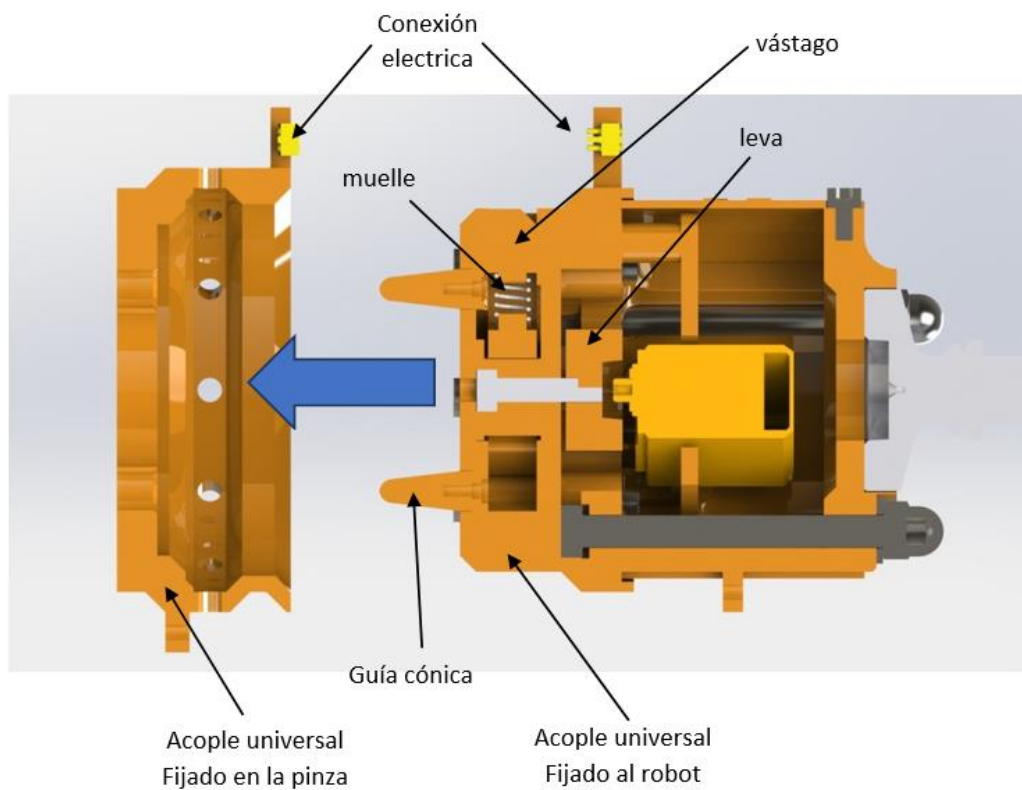


Figura 24. Imagen de una vista de corte del Acople universal

Proceso de acoplamiento ente el acoplador y el acople

El proceso de acople se describe a continuación:

1. Aproximación del robot

El acople fijado al robot se aproxima a la herramienta y tiene que entrar de la forma más precisa posible, el diseño cónico de los acoples asegura una entrada ajustable a pequeñas desviaciones ($\pm 5\text{mm}$). Se puede apreciar en la Figura 25.

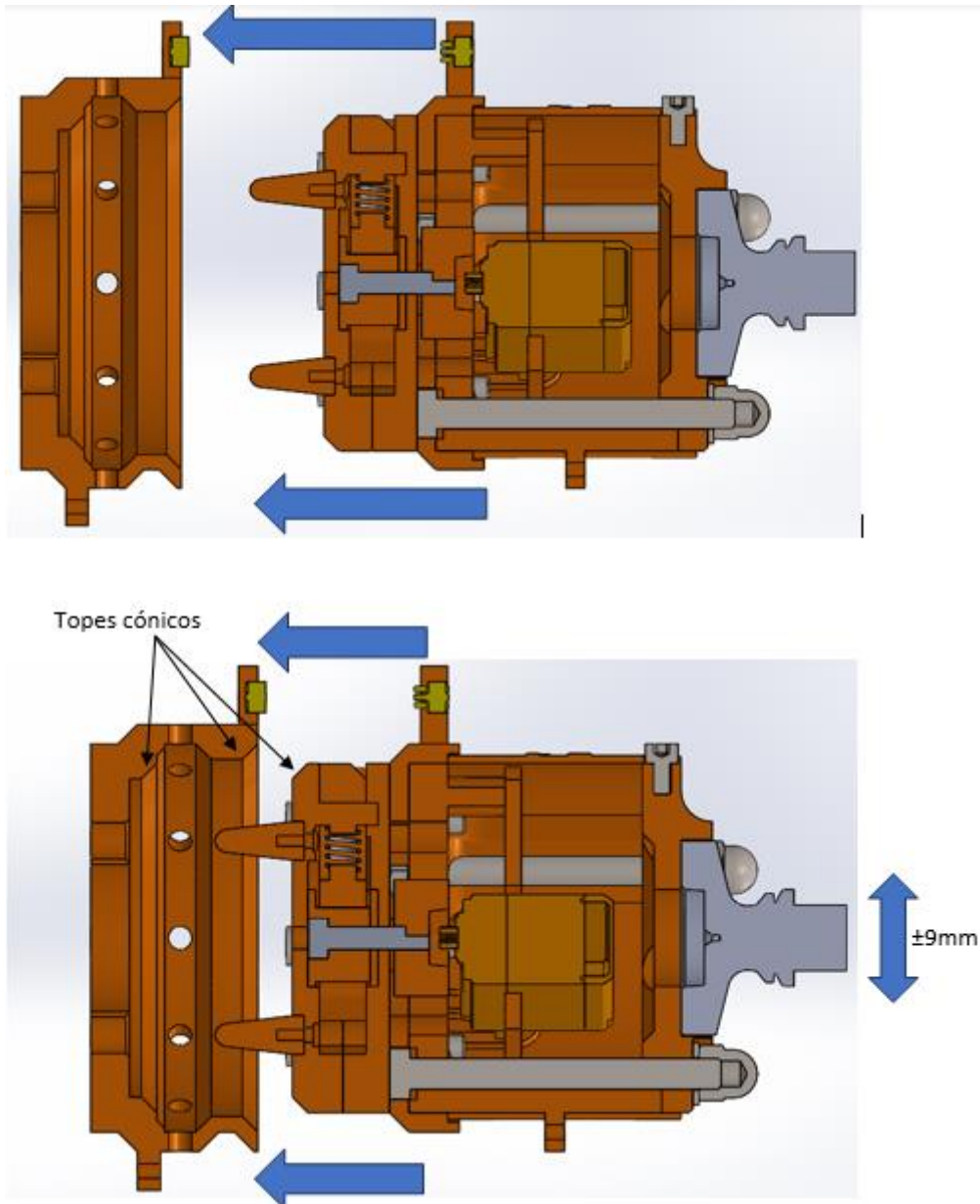


Figura 25. Imagen del proceso del acoplamiento del Acople universal

2. Primer contacto

Los acoples ya están en contacto. Los topes cónicos indican que se puede proceder a activar el motor. Se muestra en Figura 26.

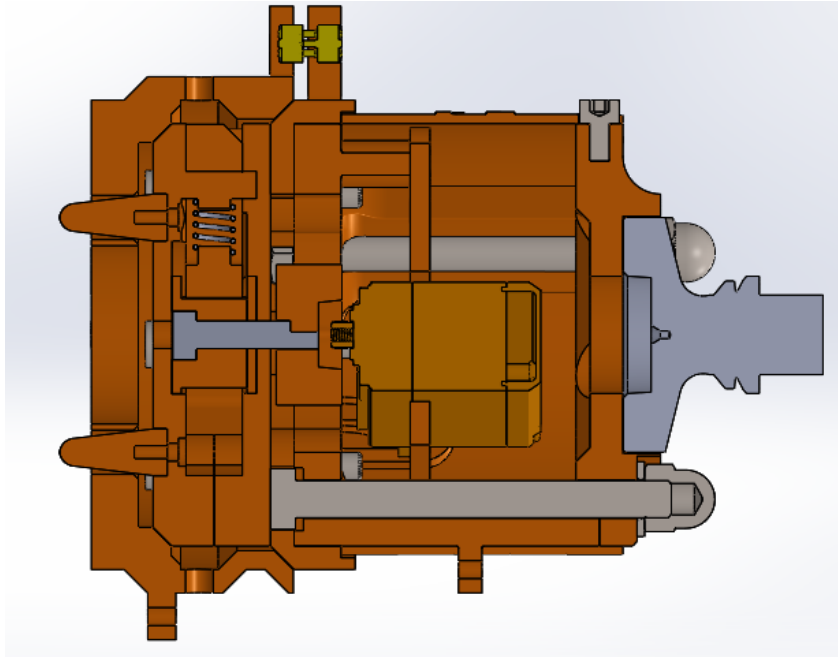


Figura 26. Imagen de fin de aproximación del acople. Preparación de activación del servomotor.

3. Activación del motor / cierre

El giro de la leva hace que los vástagos salgan del acople del robot y entren en el interior del acople de la pinza así uniendo los dos acoples en una unión fuerte, fiable y segura. Ver Figura 27.

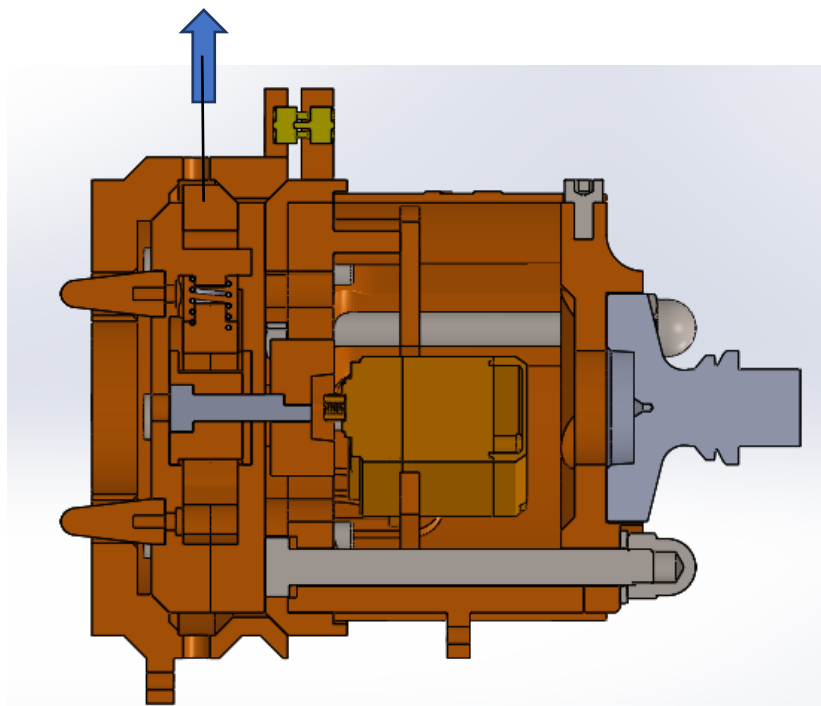


Figura 27. Imagen del proceso del bloqueo completo del mecanismo de leva

En la Figura 28 se muestra el proceso de cierre del mecanismo biela-vástago.

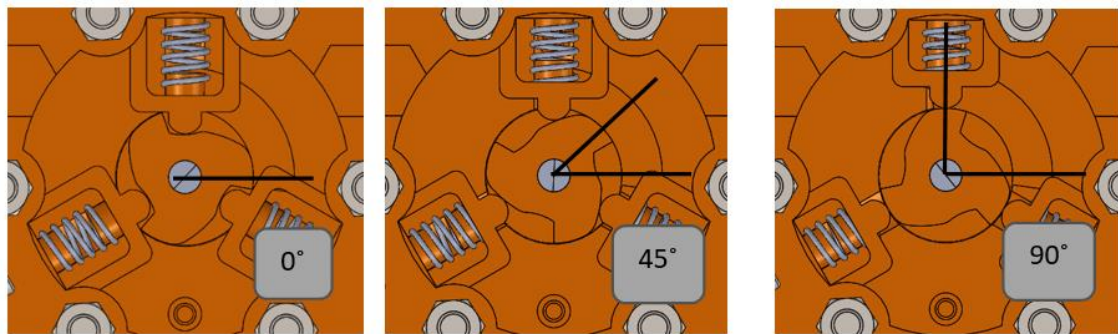


Figura 28. Imagen de avance del mecanismo de leva para distintas posiciones de giro

El diseño garantiza que el conjunto leva-vástagos permanezca fijo en posición de 90° (posición cerrada) hasta que no interviene una fuerza externa que lo mueva, como el motor angular. Se puede observar en la Figura 29. Un corte de suministro eléctrico no afectaría al mecanismo y la herramienta permanecería fija al brazo robótico.

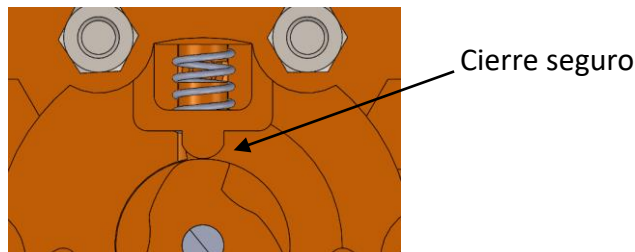


Figura 29. Imagen de contacto entre la leva y el vástago

5.2 Robustez ante desviaciones en aproximación

Es importante que el diseño tenga una tolerancia que permita la unión de conjunto a pesar de las desviaciones que pueda haber. Cada robot presenta unas tolerancias que pueden ser mínimas, casi despreciables o de varios milímetros, dependiendo de la calidad de fabricación.

Para enfrentarse al problema de desviación que puede haber, el acople tiene una forma cónica, lo que le permite acoplarse bien con la herramienta. Las tolerancias que admite el conjunto a la hora de acoplarse son bastante buenas. Es decir que la herramienta se acoplaría correctamente a pesar de la desviación de herramienta que puede haber.

En concreto son admisibles los siguientes valores de desviación:

- Desviación tipo lineal: 9 [mm]
- Desviación tipo torsional: 13. 3°

Estas desviaciones son desarrolladas en detalle en los siguientes apartados.

5.2.1 Tolerancia frente a desalineamiento

Los posibles casos de desalineamiento son los siguientes:

- Caso de alineación perfecta. Ver el caso de la Figura 30.

No existe problema de desalineación, los ejes centrales de los acoples coinciden.

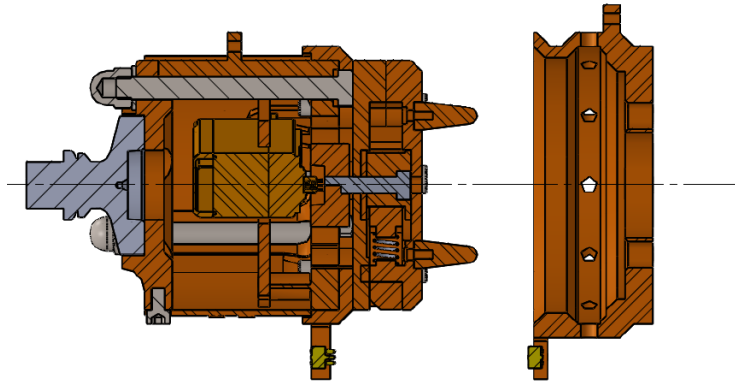


Figura 30. Imagen de alineación perfecta entre acople-elemento terminal

- Caso desalineación paralela. Ver el caso de la Figura 31.

Los ejes no coinciden, pero son paralelos. En este caso el acople puede corregir la desalineación hasta un margen de 9 [mm].

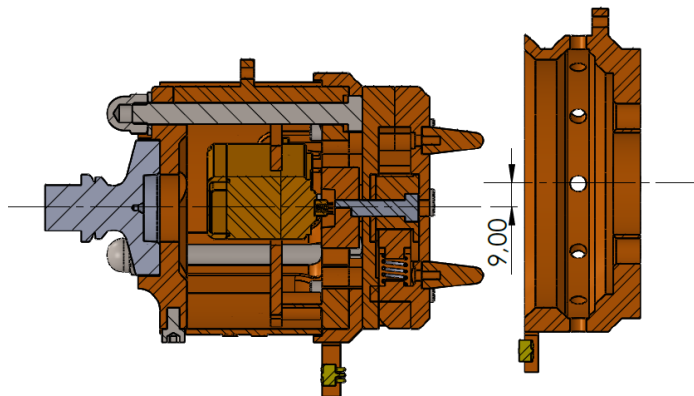


Figura 31. Imagen de caso de desalineación paralela

- Caso desalineación angular o combinada. Ver el caso de la Figura 32.

Este tipo de desalineación se produce cuando los ejes no son paralelos. Puede ser el caso de que ni siquiera los ejes pertenezcan al mismo plano, produciéndose entonces desalineación combinada. Se ha comprobado que el acople también se adapta a este tipo de desalineamiento.

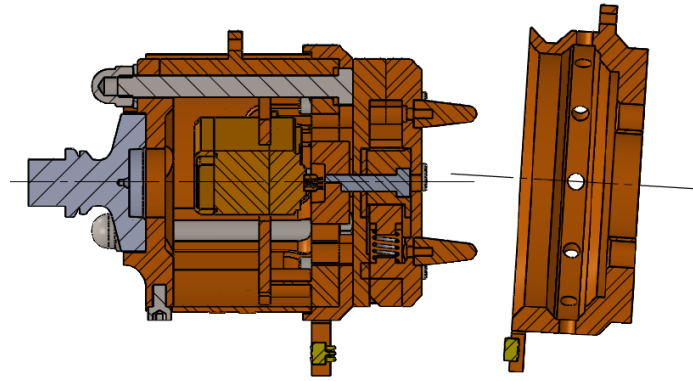


Figura 32. Imagen de caso de desalineación combinada (angular y paralela)

5.2.2 Tolerancia frente a desviación torsional

Al acoplar y desacoplar el conjunto durante muchos ciclos es importante que se haga cada vez de igual manera, es decir, que exista una repetibilidad. La herramienta / pinza tiene que adaptarse y a corregir a las posibles desviaciones. La comunicación entre la herramienta y robot se realizará mediante un conector (macho-hembra) de contacto (ver en la Figura 33), que mediante conexión eléctrica realizará la comunicación necesaria. Para esto es necesario que este conector macho se alinee con el conector hembra. El conector está compuesto por varios pines que deben de conectarse entre ellos.

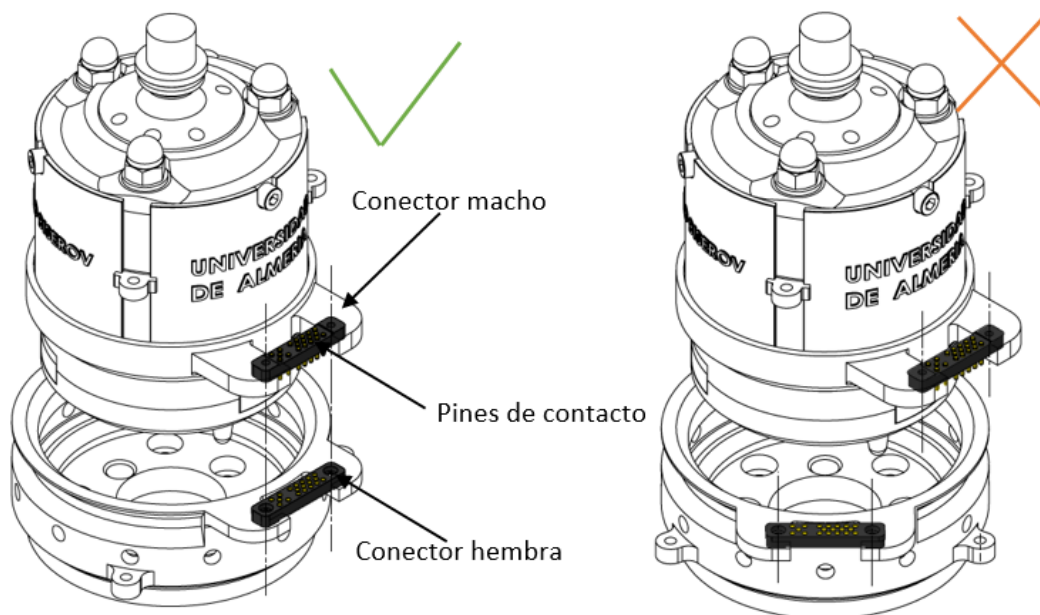


Figura 33. Imagen de desviación torsional

Para garantizar que la conexión del conector se produzca de manera correcta, se han diseñado dos pines colocados en la punta del acople móvil y otros 2 orificios el acople fijo. Se aprecia en Figura 34.

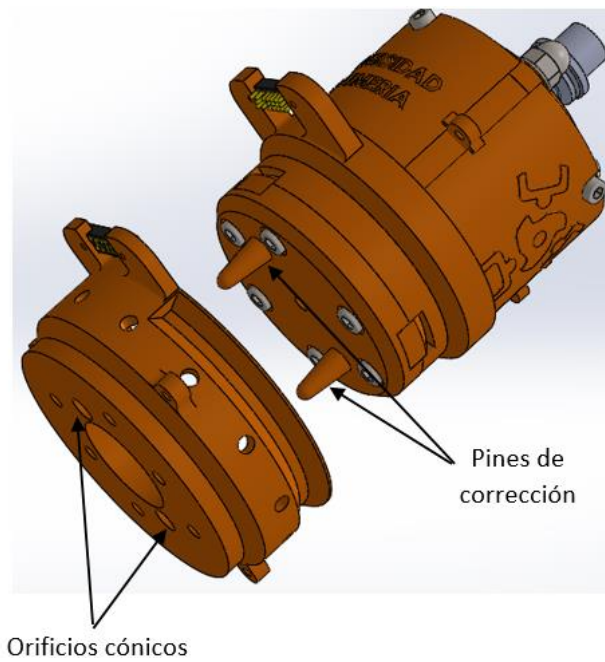


Figura 34. Imagen de la ubicación de los pines y los orificios cónicos en el acople universal

Los pines hacen que la herramienta/pinza se centre en la posición correcta y se mantenga fija sin rotar durante el proceso de trabajo. Se admite una tolerancia de centrado de hasta 13.3° . (Ver Figura 35).

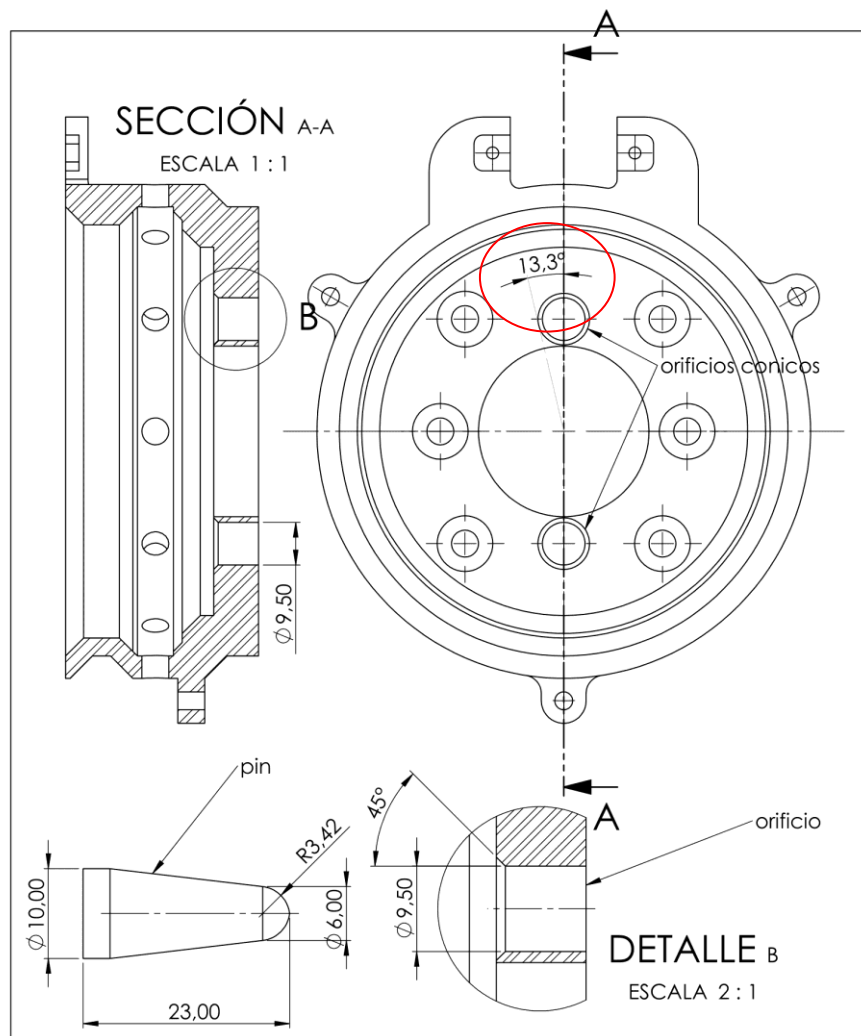


Figura 35. Plano de la pieza de acople universal

5.3 Interfaz física para comunicación pinza- acoplador

Como se ha mencionado en el apartado anterior, la interfaz física para comunicación entre la pinza y el acople se realizará mediante un conector de contacto. El conector macho se ha incorporado en el acople móvil y el conector hembra en el acople fijo. La conexión se realiza mediante contacto físico-directo entre 19 pines situados en ambos conectores. Se puede observar en la Figura 36.

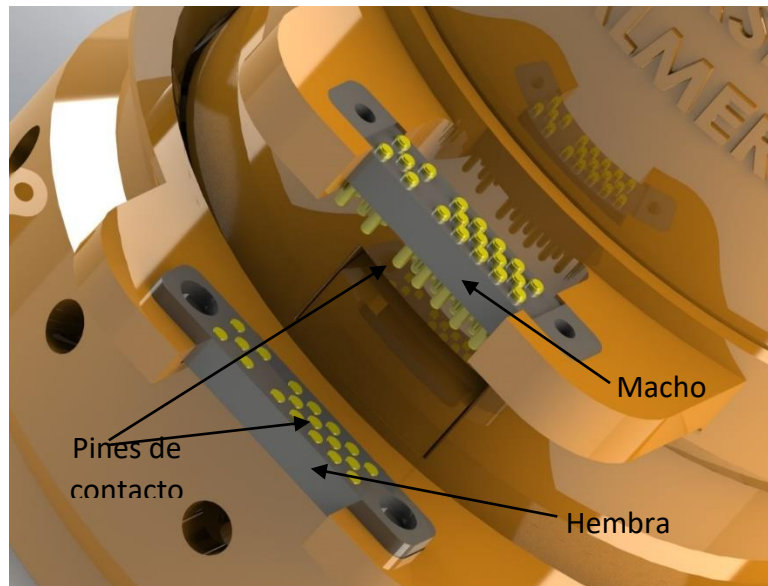


Figura 36. Imagen de los conectores de contacto del Acople universal

5.4 Diseño de piezas del acoplador

Las piezas que conforman el sistema de acople se han diseñado con el objetivo de que sean compactas, simples y fiables. Como es habitual en la fabricación de prototipos por flexibilidad y coste, se ha procedido a la fabricación de estas mediante impresión 3D. La impresión 3D permite obtener piezas complejas con propiedades mecánicas satisfactorias y tolerancias admisibles. Si se procede a la fabricación en lotes probablemente sea recomendable hacer uso de otro método ya que las impresoras 3D no escalan bien al ser lentas a la hora de fabricar piezas y mantener fijo el coste por unidad.

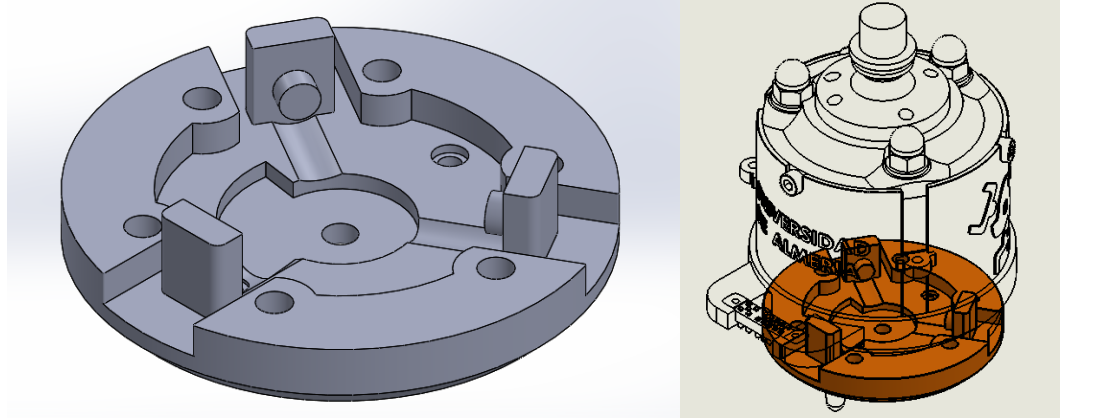
En el proceso se han hecho varios rediseños con el objetivo de simplificar, mejorar y poder cumplir la función final del diseño.

Por último, se han hecho numerosas pruebas y cálculos para comprobar que las piezas cumplen con los requisitos de dureza y fatiga. También se ha comprobado que el motor tiene el par necesario para mover el mecanismo de cierre/apertura.

A continuación, se muestra la información detallada de cada pieza que forma parte del acople.

Pieza 1

Base inferior



Diseño

Pieza específica diseñada para el prototipo

Funciones

Su función es mantener el ensamblaje del mecanismo de cierre/apertura. Sobre la pieza se colocan los vástagos, la leva y los muelles. Sirve como apoyo de los muelles y también en su parte inferior tiene 2 orificios para poder introducir los pines guías. Su diseño hace fácil el montaje y desmontaje de todos los componentes con contiene el mecanismo.

Localización

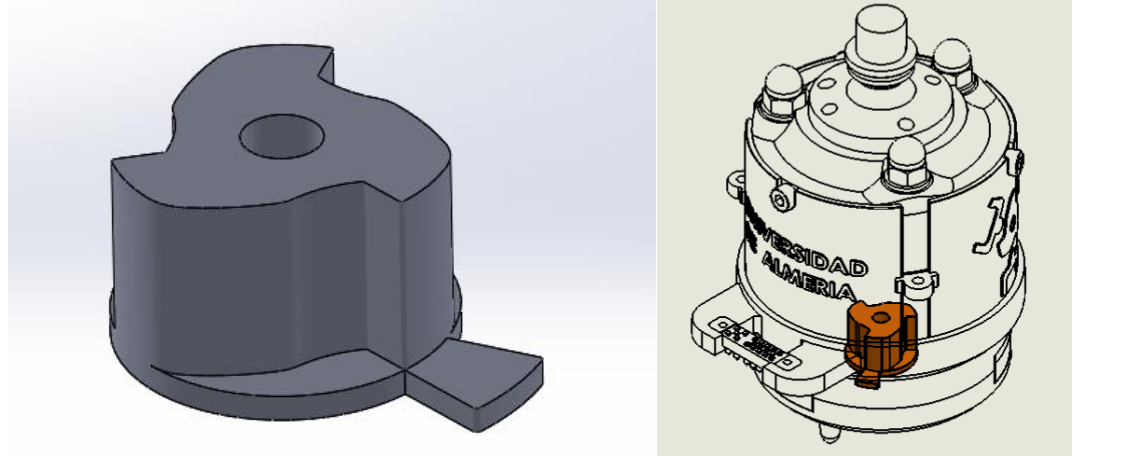
Parte inferior del prototipo, unión con la base superior mediante 6 tornillos M6

Cálculos/Análisis

La fuerza más crítica ejercida sobre la pieza es la fuerza de los vástagos en dirección perpendicular al plano que deslizan. Se ha hecho un estudio en el apartado del *Anexo de Simulaciones* para ver el comportamiento de la pieza frente a cargas extremas.

Resultados

Se ha comprobado que la pieza del prototipo aguanta sin ningún problema la fuerza máxima

Pieza 2**leva****Diseño**

Pieza específica diseñada para el prototipo

Funciones

La leva tiene la función de empujar los vástagos. Tiene un perfil específico haciendo que los vástagos salgan y retroceden simultáneamente de manera totalmente sincronizada.

Tiene un tope en la parte inferior que graniza el giro de la leva en el intervalo 0-90 grados. En su centro tiene un orificio para introducir un eje. Este eje será conectado con el motor y hará que la leva gire.

Localización

Situada entre la base inferior y superior.

Cálculos/Análisis

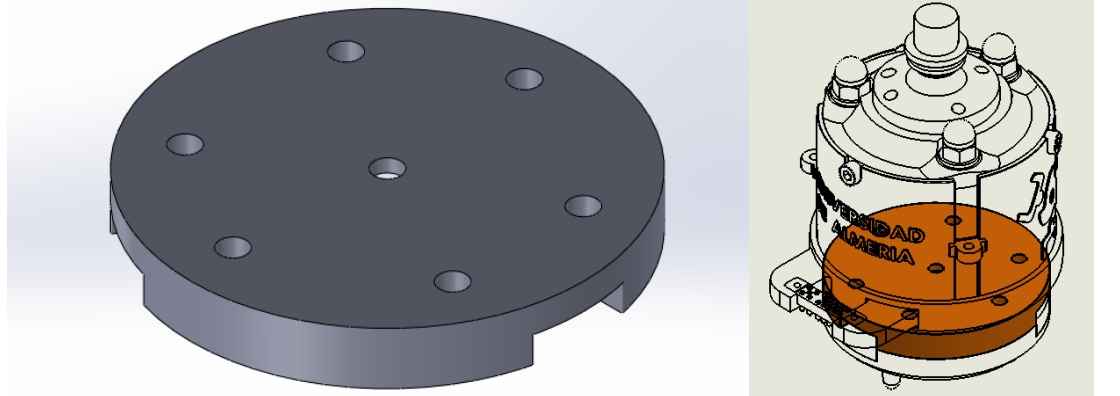
La pieza está expuesta a un contacto por fricción con los vástagos con lo que es importante que tenga buenas propiedades mecánicas sobre el desgaste superficial. Para alargar su vida útil es necesario su engrase adecuado.

Resultados

Debido a su exposición frente a fricción, el material más adecuado para su fabricación será una aleación de acero, para el prototipo se ha usado PLA (por impresión 3D) para su fabricación.

Pieza 3

Base superior



Diseño

Pieza específica diseñada para el prototipo

Funciones

Su función es similar a la de la base inferior, contiene canales que guían a los vástagos y evitan que estos se sobresalgan.

Localización

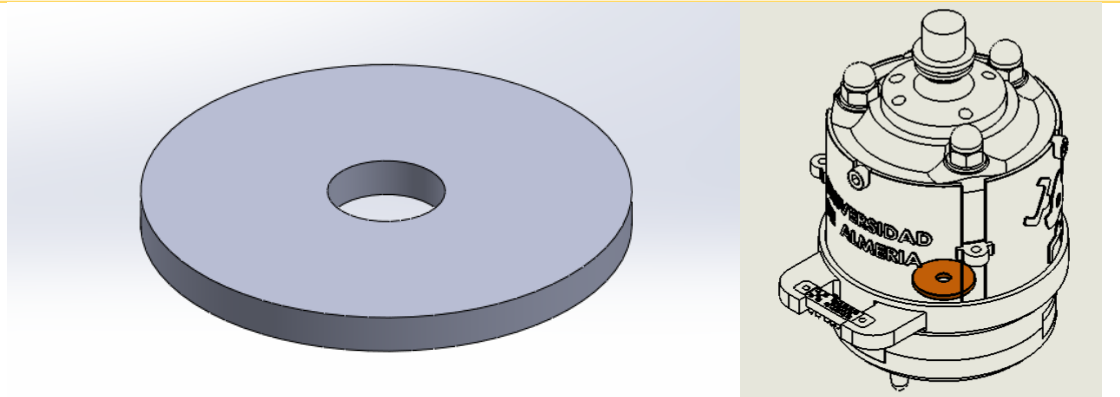
Unida con la base inferior y el portaconector

Cálculos/Análisis

No es necesario hacer análisis estático debido a que es similar a la base inferior y no está expuesta a cargas superiores que de la base inferior.

Pieza 4

Arandela leva



Diseño

Pieza normalizada disponible en el mercado - M 6 x 25 mm

Funciones

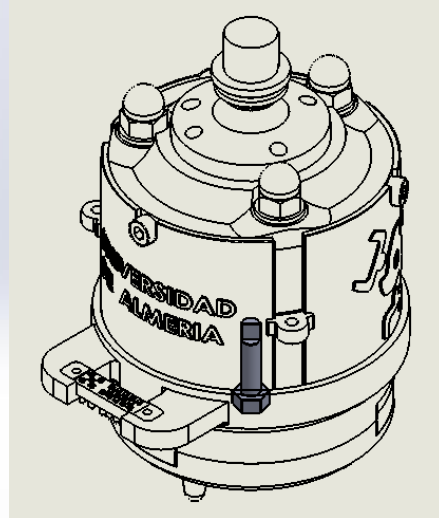
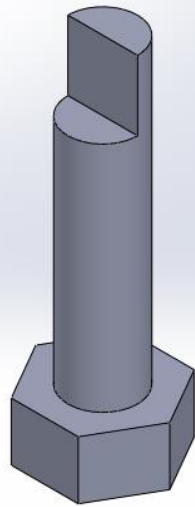
Su función es facilitar el movimiento de la leva y evitar el bloqueo de la leva

Localización

Colocada sobre la leva

Cálculos/Análisis

Está expuesta a fricción directa con la leva y la base superior, el material adecuado para su fabricación es una de las aleaciones de acero

Pieza 5**Eje leva****Diseño**

Pieza específica diseñada para el prototipo

Funciones

Su tarea es conectar la leva con el motor. Su base hexagonal hace que permanezca fija con la leva, se introduce en la leva. En su parte superior (semicircular) se introduce el un acople de cruz

Localización

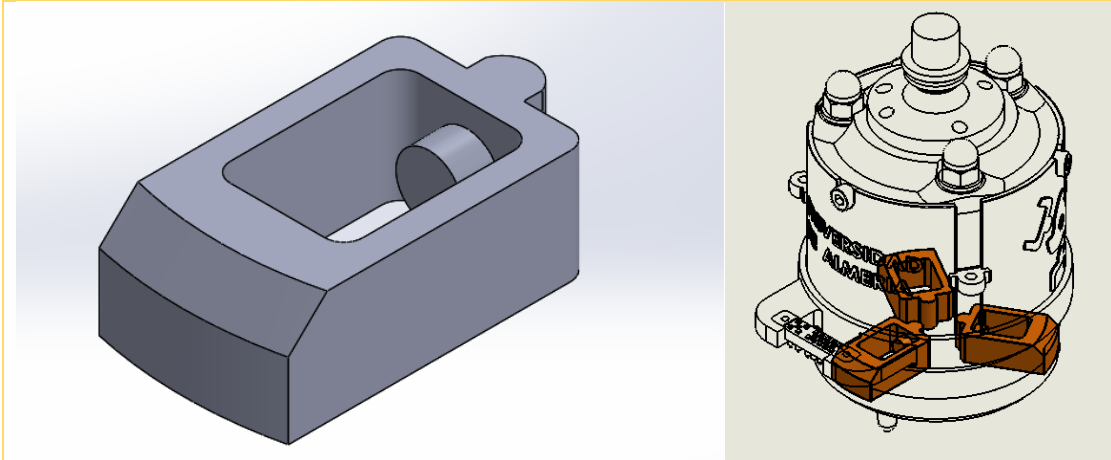
Dentro de la leva. Sobresale de la base superior

Cálculos/Análisis

Está expuesta a torsión. Debido a que se ha fabricado de acero no se necesario hacer un análisis ya que la fuerza máxima del motor es de solo 11kg.cm, un par despreciable para poder a llegar a deformación por torsión.

Pieza 6

Vástago



Diseño

Pieza específica diseñada para el prototipo

Funciones

El vástago es la pieza fundamental que se encarga de hacer el cierre mecánico de los acoples. Se desplaza linealmente hacia la periferia para hacer el cierre y para abrir vuelve a su posición inicial gracias a un muelle colocado en su interior, todos estos movimientos dirigidos por la leva. Su diseño se modificó varias veces hasta conseguir uno óptimo y compacto. Se han instalado tres piezas idénticas colocadas a 120 grados cada una.

Localización

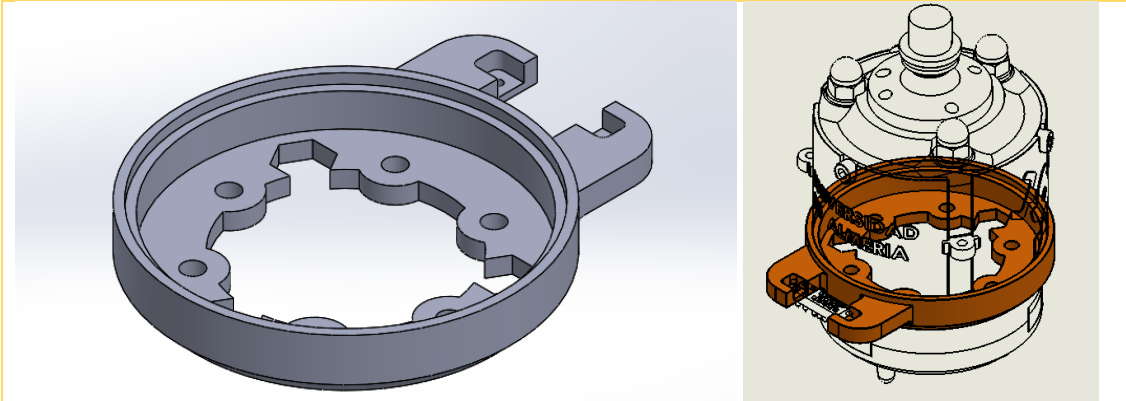
Entre la base superior e inferior

Cálculos/Análisis

La pieza concreta quizás tiene la carga más perjudicial de todo el conjunto, con lo que es importante hacer un análisis detallado para conseguir su diseño seguro y óptimo. Se ha hecho un estudio en el apartado del *Anejo de Simulaciones* para ver el comportamiento de la pieza frente a cargas.

Resultados

Tras numerosas comprobaciones del funcionamiento se ha demostrado que el vástago se adapta perfectamente a las necesidades del diseño

Pieza 7**Tope cónico superior****Diseño**

Pieza específica diseñada para el prototipo

Funciones

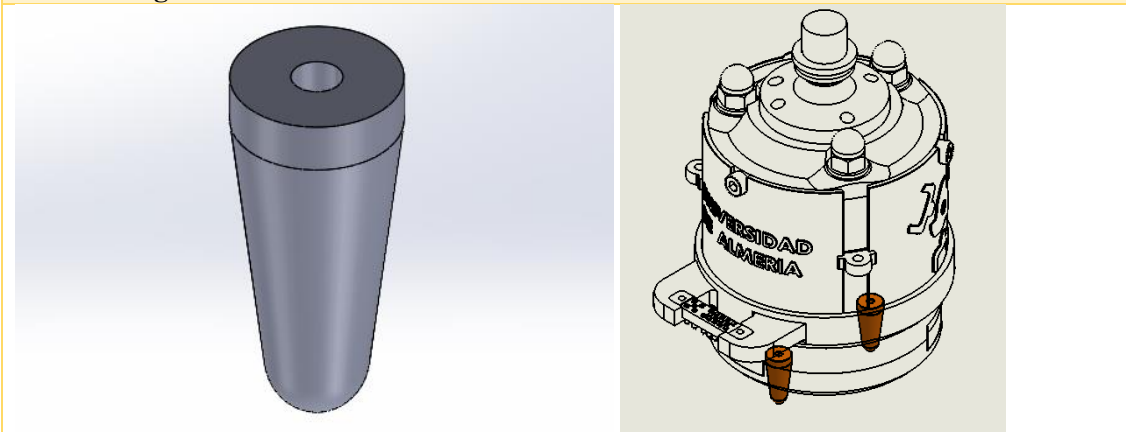
Además de servir para la integración de la conexión eléctrica, también tiene otras funciones importantes. Su forma cónica es esencial en la hora de conexión con la herramienta, en la parte de su periferia inferior el acople de la herramienta se apoya y hace que el conjunto sea estable. La pieza presenta unos cortes hexagonales que hacen fijar los tornillos (M10) del soporte principal evitando su giro.

Localización

Entre la base superior y el soporte principal.

Cálculos/Análisis

No hay fuerzas que pueden perjudicar la estructura de la pieza, no es necesario hacer análisis.

Pieza 8**Pin cónico/guía****Diseño**

Pieza específica diseñada para el prototipo

Funciones

Es la pieza que está guiando el robot para conseguir una conexión correcta. Cualquier desviación pequeña se corregirá por el pin cónico, en el caso de desviación excesiva el pin no permitiría la conexión. Una vez conseguida la conexión evitaría que la herramienta girese.

Localización

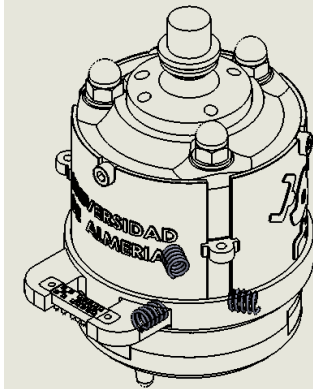
Parte inferior del prototipo, montada a la base inferior

Cálculos/Análisis

La pieza por sí sola no necesita ningún análisis, en el caso de una colisión será la primera pieza en contacto.

Pieza 9

Muelle vástago



Diámetro Externo (Do) (mm)	10.800
Diámetro del Alambre (d) (mm)	0.800
Longitud Libre (L) (mm)	20.000
Altura Sólida, Aproximada (mm)	5.199
Índice de carga (N/mm)	1.200
Longitud de Carga (L1) (mm)	6.901
Carga a L1 (N)	15.39
Material	MW
Especificación de material	DIN-17223 or EN-10270-1 or JIS-G4314 SWP-A/B or AMS-5112
Peso del Envío (kg)	0.010887
Altura del Envío (mm)	10.800
Longitud del Envío (mm)	20.000

Diseño

Pieza normalizada disponible en el mercado.

Funciones

Mantener los vástagos presionados hacia el interior del ensamblaje. La leva tiene la función de empujar los vástagos hacia el exterior, al contrario, los muelles a retirar los hacia dentro. En prototipo necesita tres muelles.

Localización

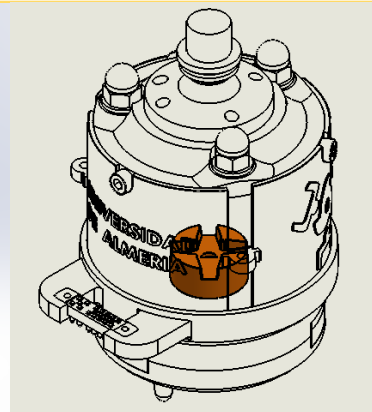
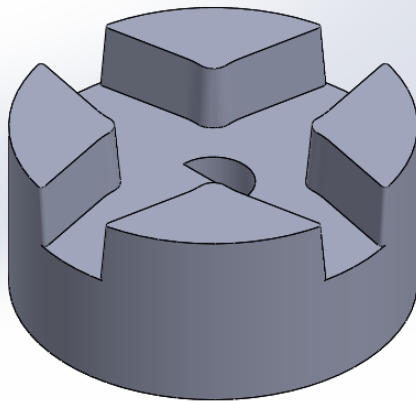
Se coloca en el interior del vástago.

Cálculos/Análisis

Ya que se trata de una pieza normalizada se ha elegido según las dimensiones necesarias. Su fuerza de compresión es esencial para el cálculo del par motor necesario para girar la leva.

Pieza 10

Acople cruz



Diseño

Pieza específica diseñada para el prototipo

Funciones

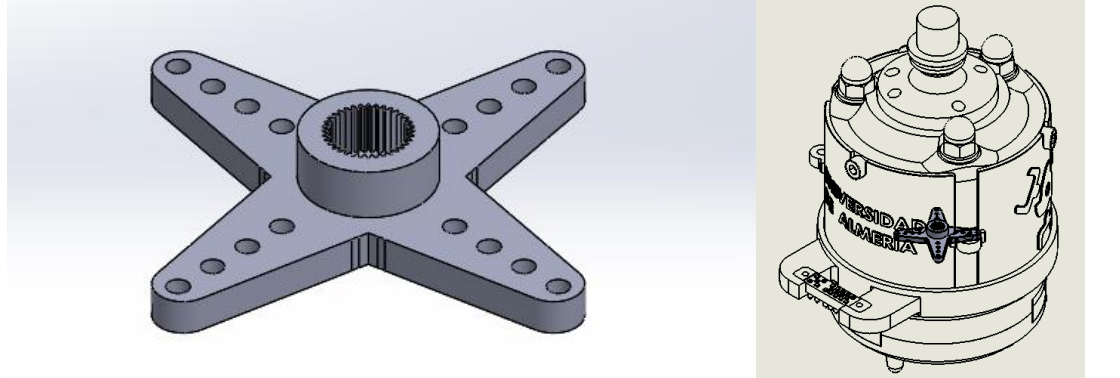
Conectar el eje de la leva con el servomotor y absorber las posibles desalineaciones que puede haber. Su forma encaja con la cruz del servomotor dejando un margen de tolerancia adecuado para proteger el servomotor de sobrecargas.

Localización

Se introduce en el eje de la leva y encaja con la cruz del servomotor

Cálculos/Análisis

El punto más débil de esta pieza es su centro, en el lugar donde encaja el eje/semieje. Aplicando una fuerza excesiva puede provocar unas deformaciones no deseadas. Se ha hecho un estudio en apartado *del Anexo de Simulaciones* para ver el comportamiento de la pieza frente a cargas.

Pieza 11**Cruz servomotor****Diseño**

Pieza disponible en el mercado.

Funciones

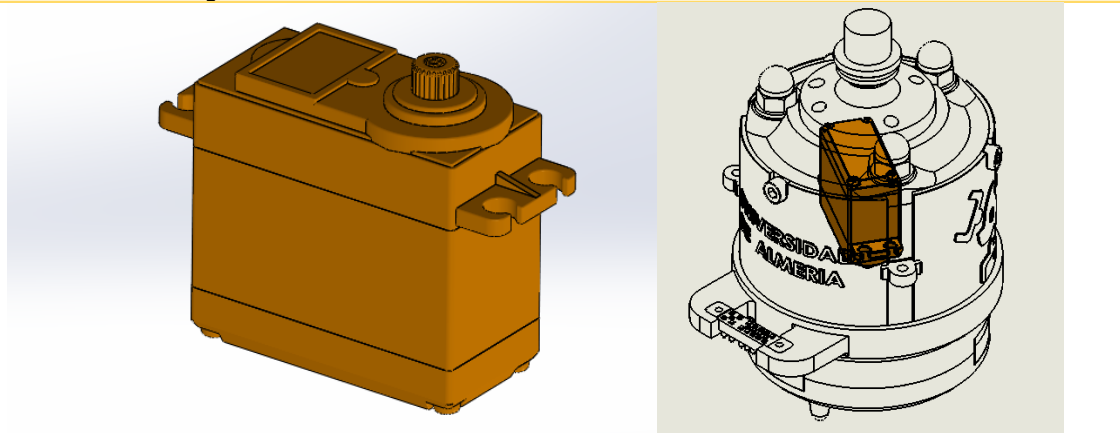
Adaptador/acople que une el eje del servomotor con el acople de la leva.

Localización

Fijado al servomotor

Cálculos/Análisis

Se trata de una pieza diseñada por el fabricante del servomotor

Pieza 12**Servomotor acople****Diseño**

Disponible en el mercado.

Funciones

Su función es actuar el mecanismo de apertura/cierre.

Localización

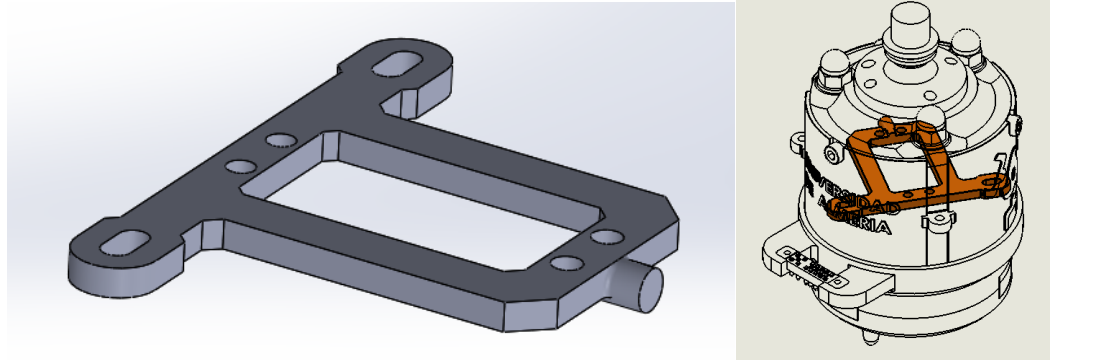
En el interior del conjunto fijado sobre el soporte principal

Cálculos/Análisis

En motor es capaz de dar un par motor de 11kg.cm el cual es suficiente para actuar sobre el mecanismo. Tiene un rango de giro de 180 grados más que suficiente para las necesidades del mecanismo.

Pieza 13

Soporte/Adaptador servomotor



Diseño

Pieza específica diseñada para el prototipo

Funciones

Fijar y posicionar el servomotor sobre el soporte principal. El servomotor se monta al soporte mediante 4 tornillos M4 y 4 tuercas cuadradas M4. El soporte se apoya al soporte principal en 3 puntos ,dos fijos y un rotativo.

Localización

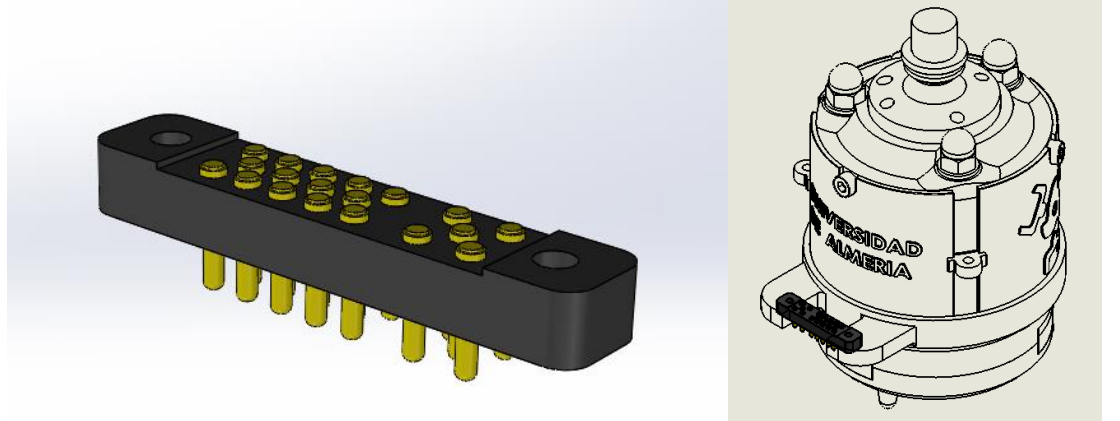
Fijado sobre el soporte principal

Cálculos/Análisis

Es una pieza de fijación que no necesita ningún tipo de análisis ya que no está sobrecargada

Pieza 14

Conector Macho



Diseño

Disponible en el mercado.

Funciones

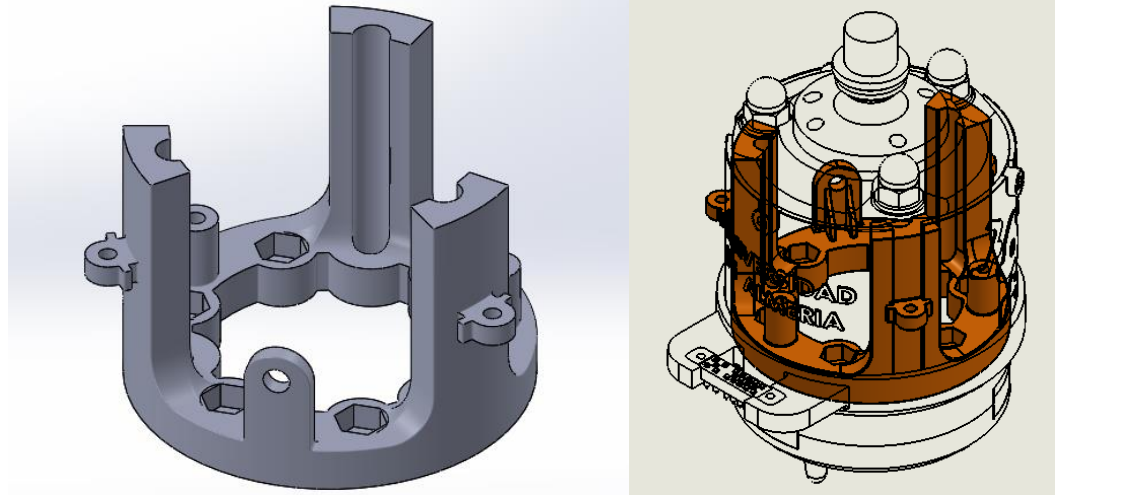
Interfaz de comunicación. Conexión eléctrica con 19 pines que harán la comunicación necesaria para comunicar con la herramienta de trabajo. Los pines contienen resortes que permiten una conexión mecánica fiable.

Localización

Montada en el portaconector

Cálculos/Análisis

Pieza diseñada por el fabricante

Pieza 15**Soporte principal****Diseño**

Pieza específica diseñada para el prototipo

Funciones

Es el esqueleto del acople, tiene varias funciones entre cuales son: unir la estructura en un ensamblaje fuerte, soporte del servomotor, soporte de las cubiertas. Su diseño elegante y compacto mantiene el ensamblaje en un conjunto fuerte, fiable y seguro.

Localización

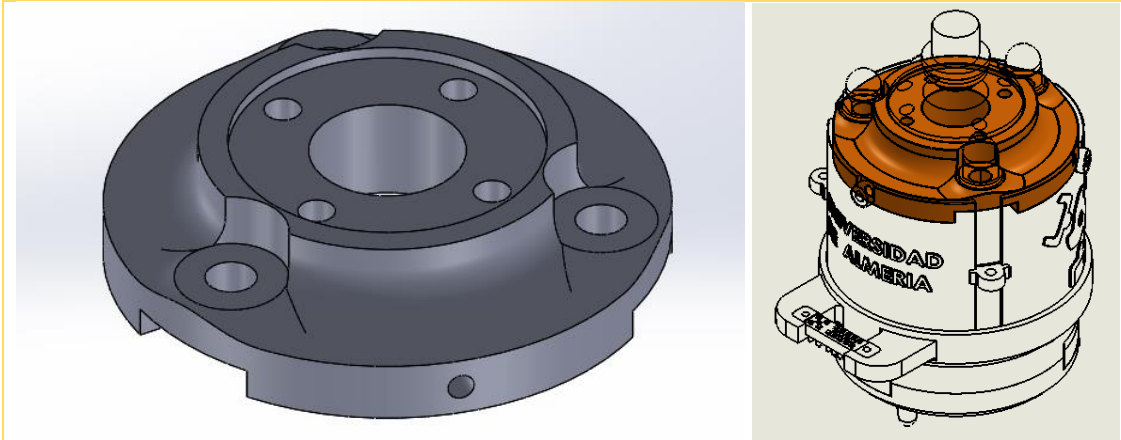
Montado sobre el adaptador del robot

Cálculos/Análisis

Una de las piezas claves de todo el ensamblaje que está expuesta a varias fuerzas de tracción, compresión y torsión. En apartado del *Anexo de Simulaciones* se ha hecho un estudio para analizar el comportamiento de la pieza frente a sobrecargas.

Pieza 16

Adaptador robot



Diseño

Pieza específica diseñada para el prototipo

Funciones

Es la pieza que se conecta directamente al robot mediante 4 tornillos M6. Su misión es soportar todo el peso del acople, herramienta y cargas que puede llevar la herramienta

Localización

Fijada al robot

Cálculos/Análisis

Ya que es la pieza que se encargara de llevar el peso de del conjunto (acople, pinza/herramienta y cargas de la herramienta) sufrirá unas fuerzas mayor con lo que es importante estudiar su comportamiento estático frente a cargas mayores. En el apartado del *Anexo de Simulaciones* se ha hecho un estudio para analizar el comportamiento de la pieza frente a sobrecargas.

Pieza 17**Carcasa protectora****Diseño**

Pieza específica diseñada para el prototipo

Funciones

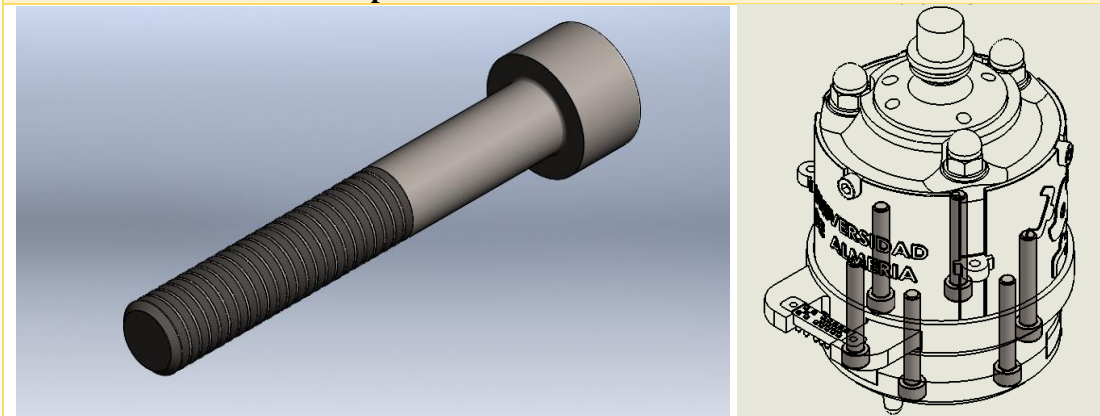
Tiene una función protectora y estética, cubre los componentes interiores como el servomotor y otros elementos electrónicos. El prototipo contiene un total de tres que se insertan en el soporte principal y se bloquean con tornillos M5 en su parte superior.

Localización

Sobre la periferia del soporte principal.

Cálculos/Análisis

No necesarios

Pieza 18**Tornillo mecanismo cierre/apertura****Diseño**

Pieza normalizada de tornillería. ISO 4762 M6 x 40

Funciones

Mantiene y ensambla el mecanismo de apertura/cierre

Localización

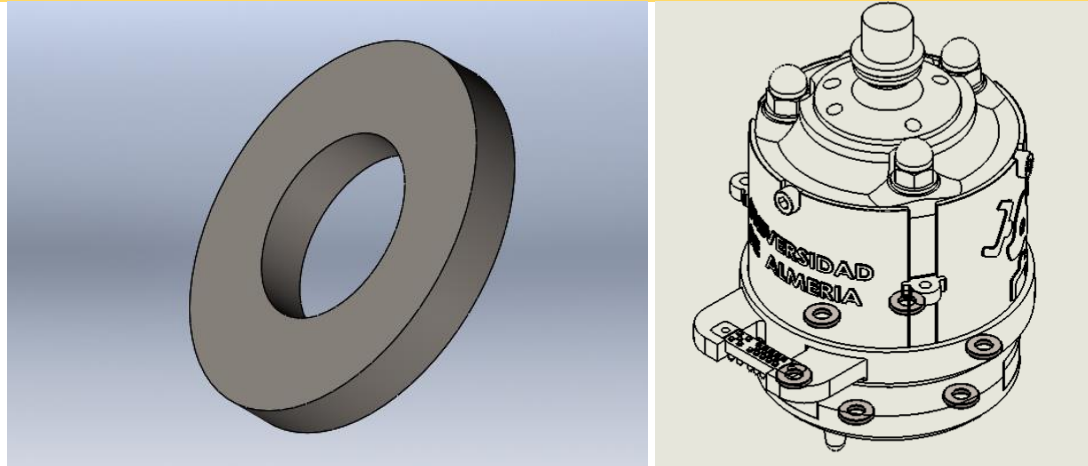
Insertado en la base superior e inferior

Cálculos/Análisis

No necesarios, con un total de 6 tornillos se elimina cualquier posibilidad de fallo. Falla antes la base inferior que los tornillos

Pieza 19

Arandela base inferior



Diseño

Pieza normalizada de tornillería. ISO 8738 M6

Funciones

Sirve para asegurar una sujeción uniforme en las uniones y previene el aflojamiento de la fijación debido a vibraciones.

Localización

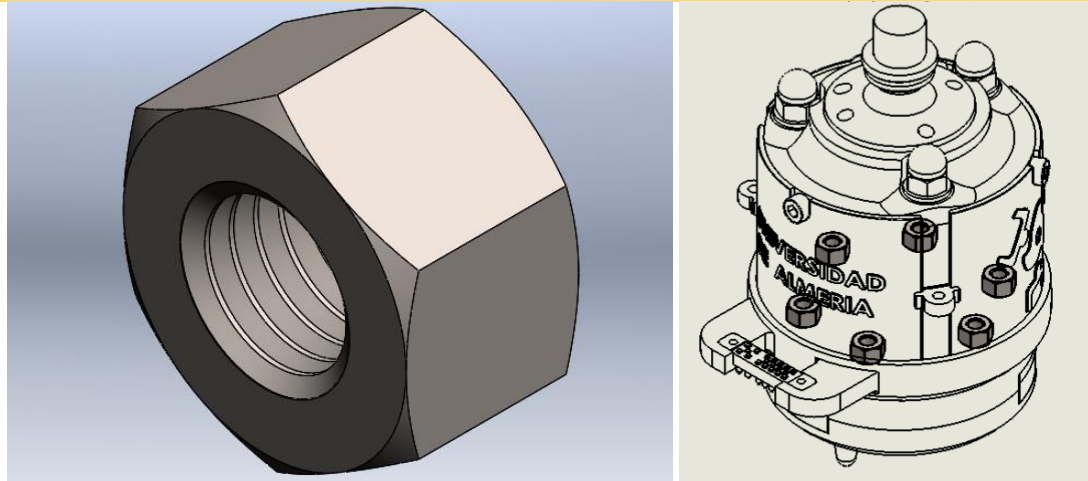
Junto con los tornillos de mecanismo de apertura/cierre, apoyadas a la base inferior

Cálculos/Análisis

No necesarios

Pieza 20

Tuerca M6



Diseño

Pieza normalizada de tornillería. ISO 4034 M6

Funciones

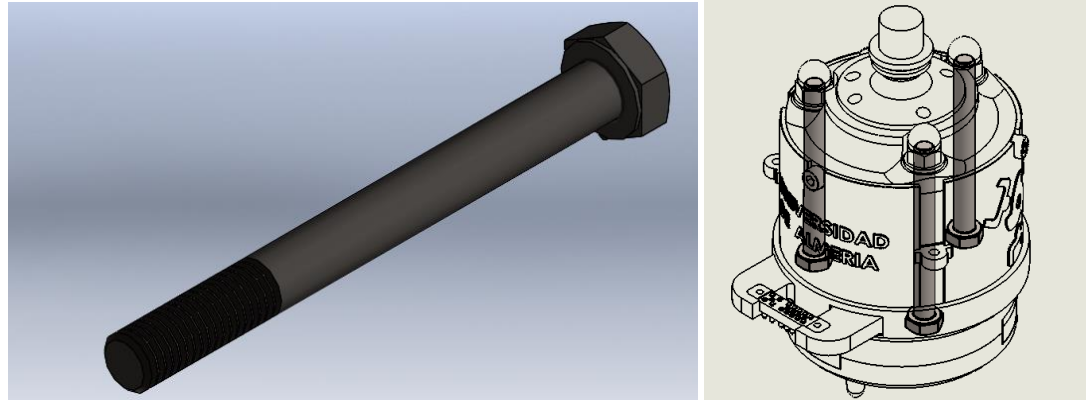
Tuerca de unión usada como tuerca estándar en todo el ensamblaje del acople.

Localización

sobre soporte principal

Cálculos/Análisis

No necesarios, Pieza que garantiza antes el fallo del tornillo que de la tuerca. Cálculos no necesarios.

Pieza 21**Tornillos de soporte****Diseño**

Pieza normalizada de tornillería. ISO 4014 M8 x 80

Funciones

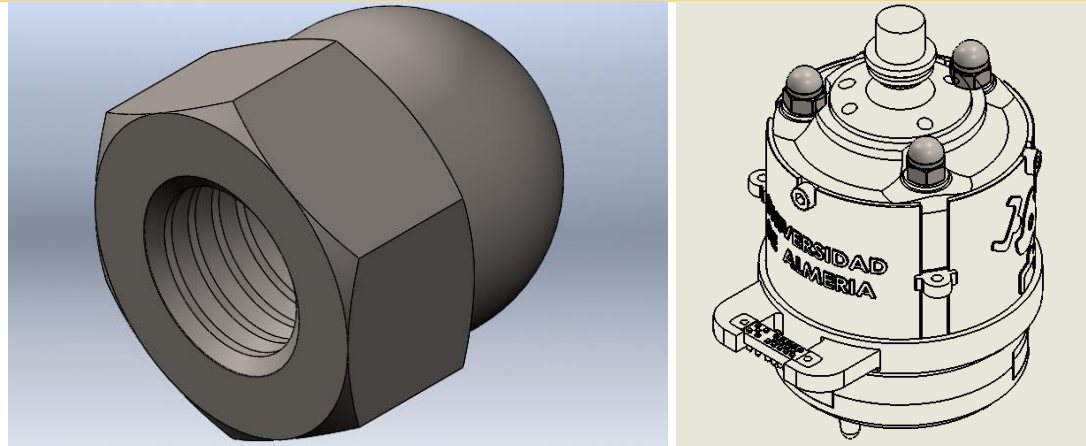
Sirve de soporte para todo el conjunto, conecta el soporte principal con el adaptador del robot

Localización

En el interior de soporte principal

Cálculos/Análisis

Con tres unidades integradas en el diseño la rotura a tracción es imposible, fallaran otros componentes antes que los tornillos de soporte.

Pieza 22**Tuerca ciega adaptador****Diseño**

Pieza normalizada de tornillería. DIN 1587 M8

Funciones

Mantiene los tornillos de soporte

Localización

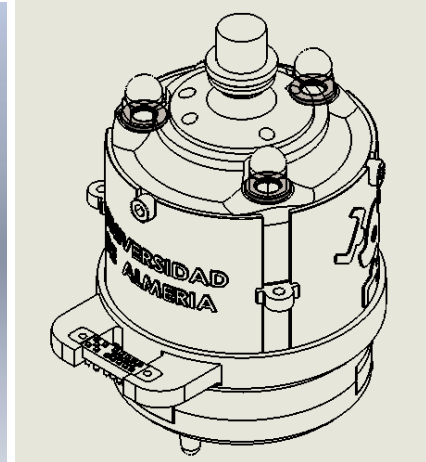
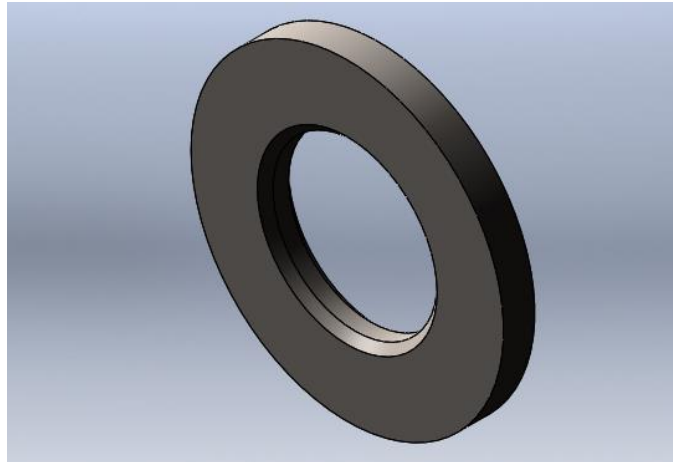
Ensamblados junto con los tornillos de soporte

Cálculos/Análisis

No necesarios

Pieza 23

Arandela adaptador



Diseño

Pieza normalizada de tornillería. DIN 125 A 8.4

Funciones

Sirve para asegurar una sujeción uniforme en las uniones y previene el aflojamiento de la fijación debido a vibraciones.

Localización

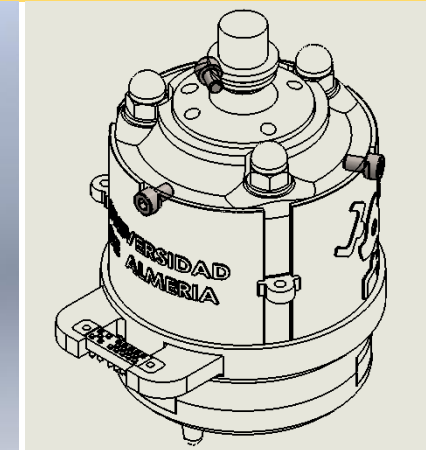
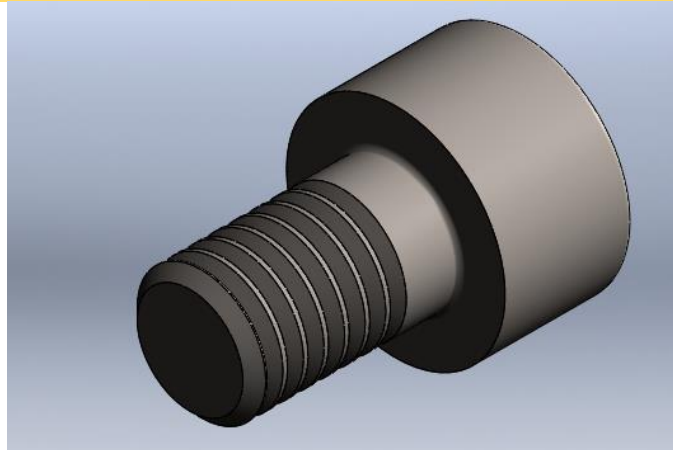
Sobre el adaptador del robot

Cálculos/Análisis

No necesarios

Pieza 24

Tornillo cubierta



Diseño

Pieza normalizada de tornillería. ISO 4762 M5 x 8

Funciones

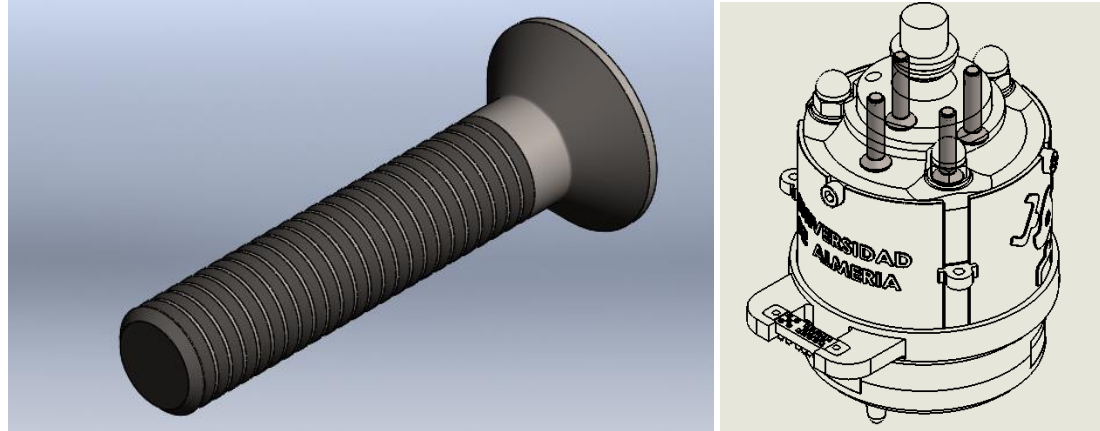
Mantener la cubierta de protección en su lugar

Localización

Enroscada en el adaptador del robot

Cálculos/Análisis

Ninguna fuerza ejercida sobre los tornillos

Pieza 25**Tornillos fijación robot****Diseño**

Pieza normalizada de tornillería. DIN 7991 M6 x 30

Funciones

Fijar todo el conjunto al brazo del robot, su cabeza de forma cónica centra perfectamente en adaptador al brazo del robot y evita cualquier desplazamiento (ejemplo llanta de un coche)

Localización

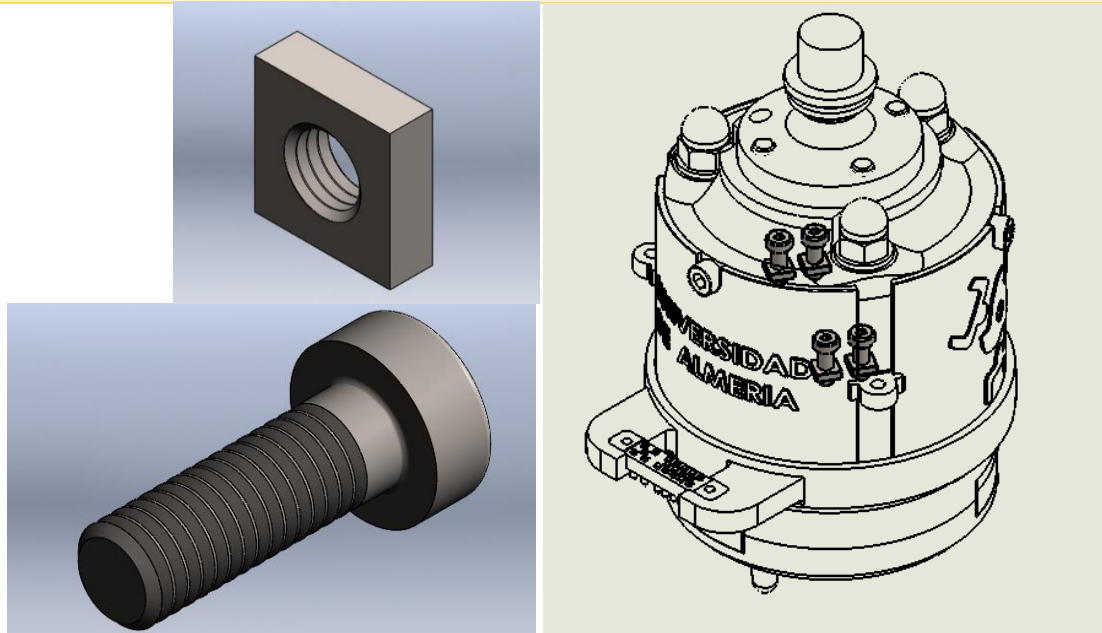
Parte superior del conjunto

Cálculos/Análisis

Los cuatro tornillos no sufrirán ningún daño debido a que las fuerzas a las que van estar expuestos no sobrepasaran su límite elástico

Pieza 26

Tornillos/tuercas servomotor



Diseño

Piezas normalizadas de tornillería DIN 7984 M4 x 12/ DIN 562 M4

Funciones

Fijar el servomotor a su sitio

Localización

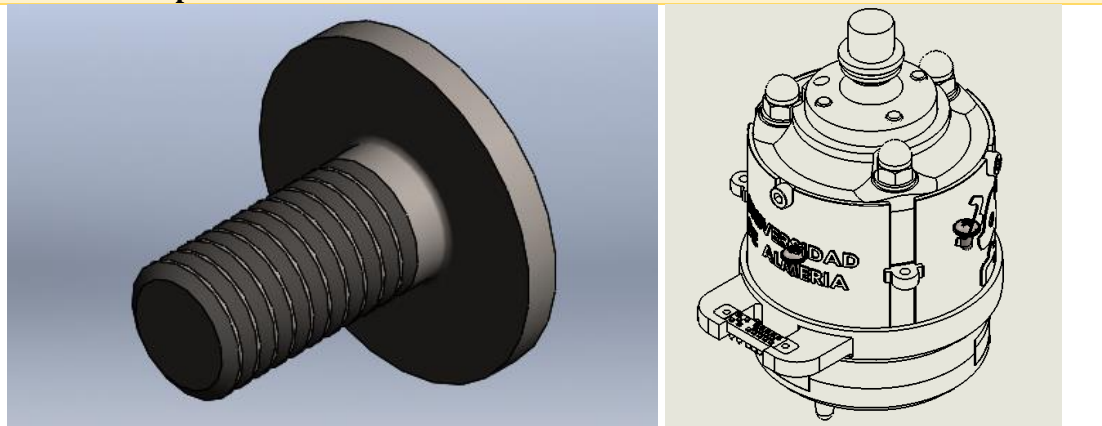
Servomotor

Cálculos/Análisis

No necesarios

Pieza 27

Tornillos adaptador servomotor



Diseño

Pieza normalizada de tornillería DIN 967 M4 x 8

Funciones

Fijar el adaptador del servomotor

Localización

Sobre adaptador del servomotor enroscado a la base principal

Cálculos/Análisis

No necesarios

5.5 Proceso de diseño de elemento terminal - Pinza de seis barras

La pinza de seis barras móviles es uno de los elementos terminales que se ha diseñado específicamente para el acople universal. Se compone de seis barras que se ensamblan en un mecanismo de engranajes sincronizados que hacen mover dichas barras. Las barras por su otro extremo están acopladas a otras dos piezas (dedos) que se siguen una trayectoria lineal. Combinando el movimiento de estas barras se consigue la trayectoria lineal que siguen los dedos de la pinza.

El mecanismo de seis barras ha sido desarrollado por Andrea Carli y Kaustubh Sonawale. En la Figura 37 se puede observar dicho mecanismo [7].

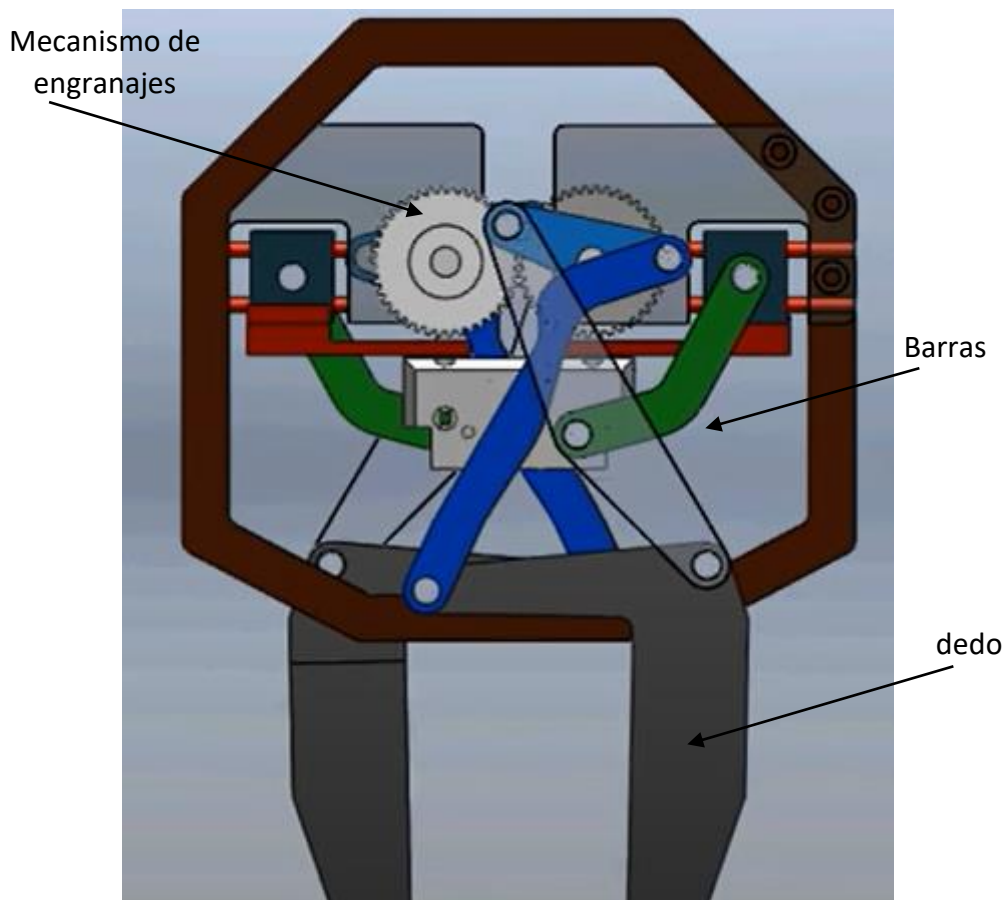


Figura 37. Imagen de un mecanismo de seis barras desarrollado por Andrea Carli y Kaustubh Sonawale

A continuación, se ha hecho un diseño y un prototipo basados el mecanismo anterior. Se han tomado las dimensiones proporcionales de las barras para la creación de un prototipo funcional. El diseño del prototipo fue mejorado y probado varias veces hasta llegar a un resultado funcional. Ver Figura 38.

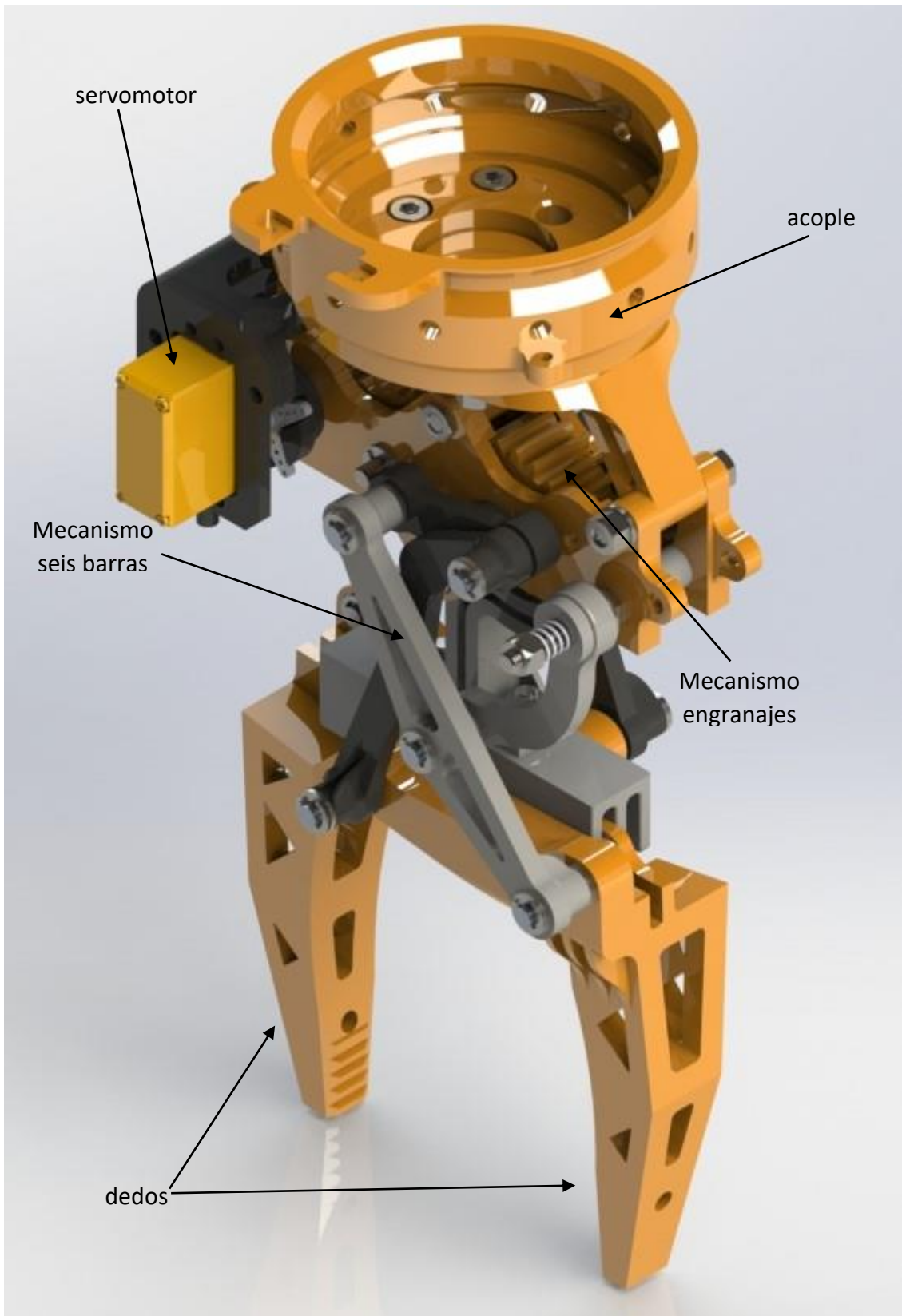


Figura 38. Imagen del elemento terminal de la pinda de seis barras

5.5.1 Mecanismo de tren de engranajes

Compuesto por tres engranajes dentados tres ejes y dos barras fijadas a y bloqueadas a dos de los engranajes mediante chavetas. El engranaje motriz dirigido por el servomotor es el mas pequeño de los tres con un diámetro nominal de 20mm. El engranaje promotor hace girara los otros dos engranajes con una relación de transmisión 2:1, los diámetros de los engranajes mayores son de 40mm. Ver Figura 39.

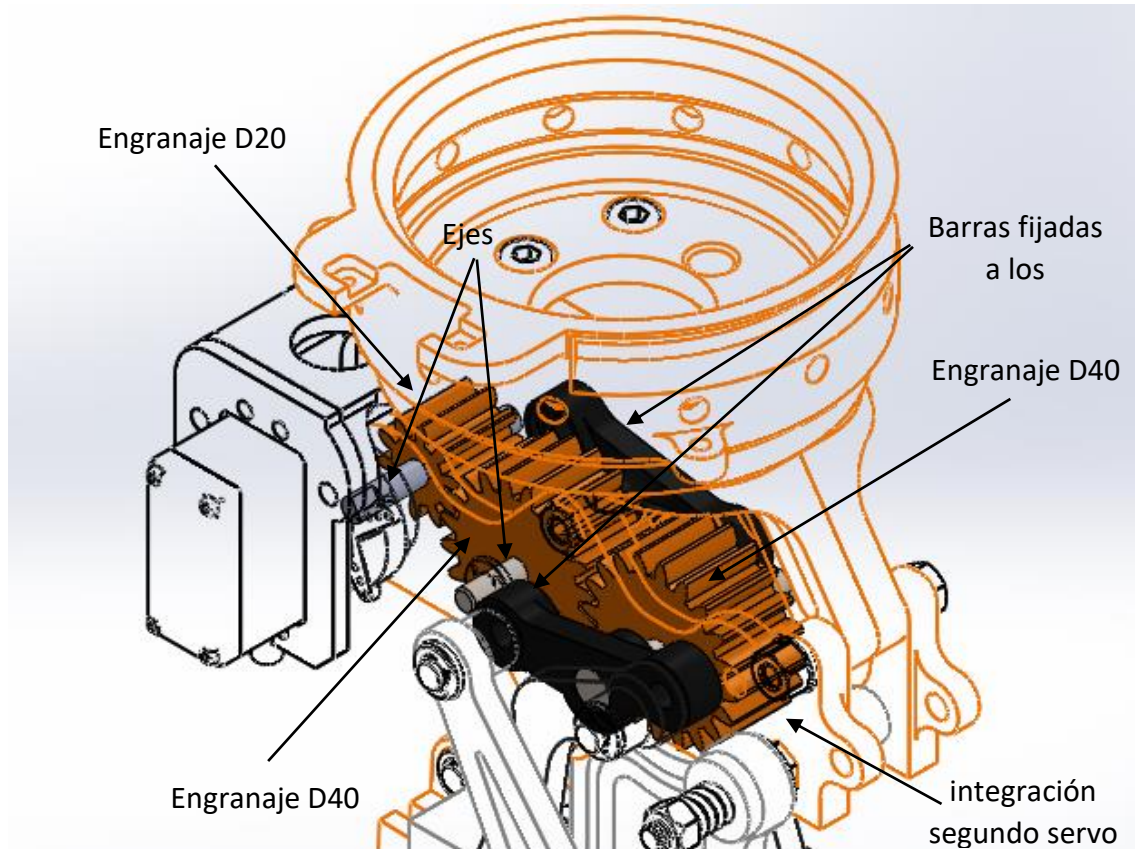


Figura 39. Imagen del mecanismo de tren de engranajes

5.5.2 Mecanismo de 6 barras

Como se ha mencionado anteriormente para conseguir un movimiento lineal de dedo usando método de las seis barras partiendo de un movimiento circular se diseñaron las barras de la siguiente forma:

Se han domado las proporciones del mecanismo de 6 barras diseñado por Andrea Carli y Kaustubh Sonawale.[7] Ver Figura 40.

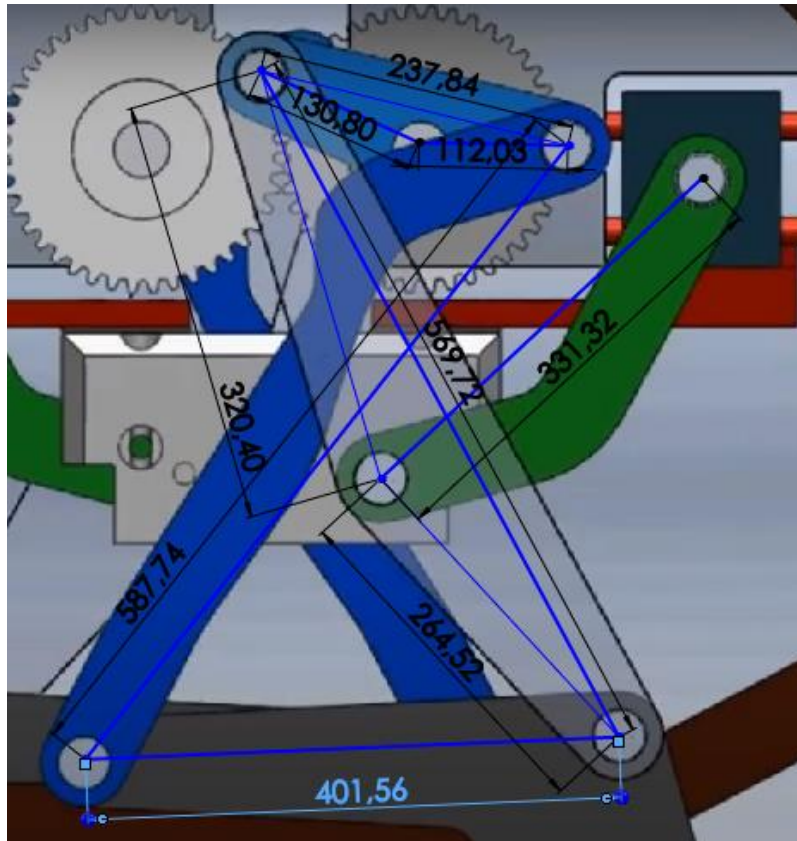


Figura 40. Imagen de croquis de SolidWorks de las proporciones del mecanismo de seis barras

Con las medidas y las proporciones tomadas del modelo original se ha hecho el siguiente diseño propio: Ver Figura 41.

Se puede observar que hay dos puntos fijos P1 y P2 a los cual rotan las barras B1 y B2 respectivamente. B1 está fijado al engranaje E mediante un eje común giratorio. A los extremos de B1 están los puntos P3 y P4 a los cual se conectan las barras principales B3 y B4 respetivamente. Estas dos soportan el dedo en los puntos P5 y P6. Por otro lado, las barras B2 Y B3 se unen en un punto P7.

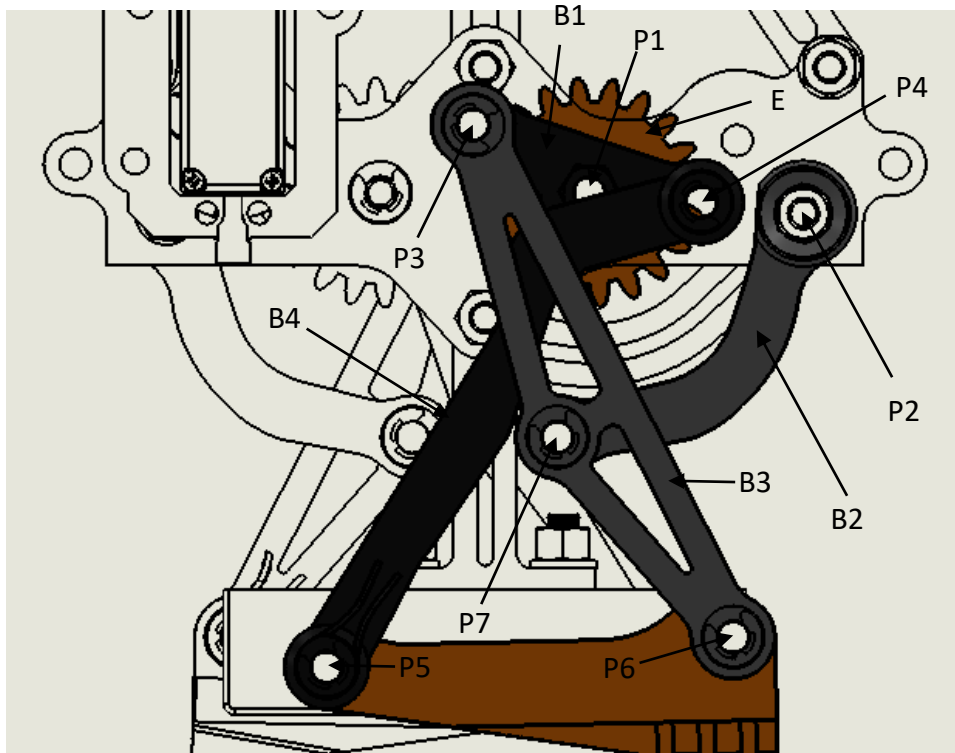


Figura 41. Imagen de del diseño y nomenclatura del mecanismo de seis barras de la pinza robótica

Vista 3D del mecanismo en Figura 42:

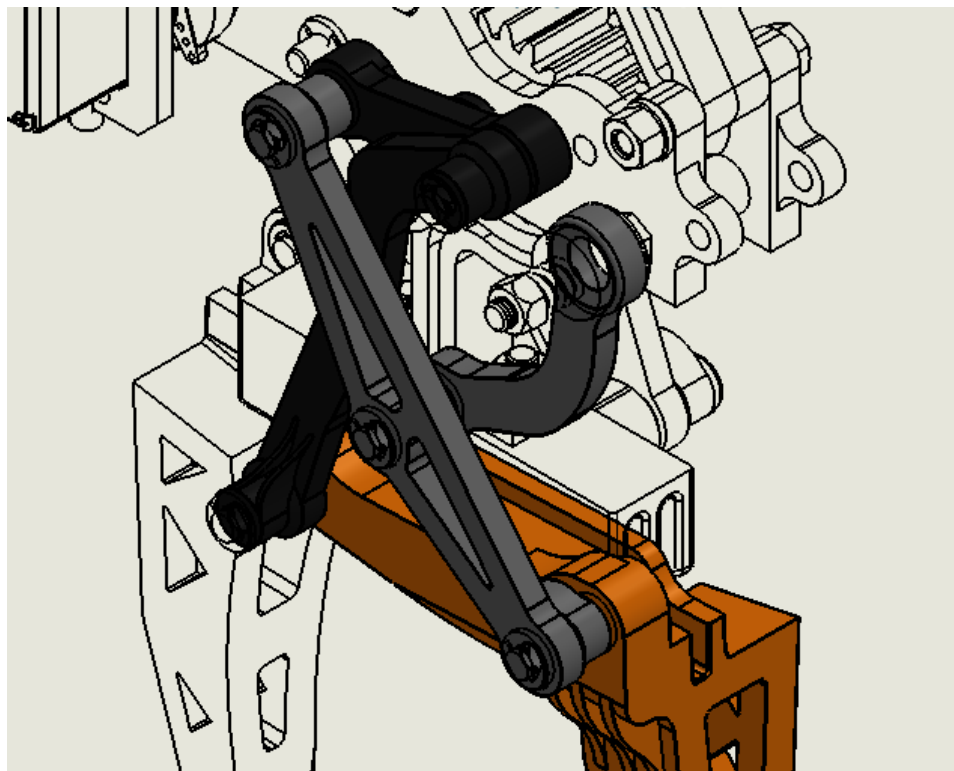


Figura 42. Imagen en 3D del diseño del mecanismo de seis barras de la pinza robótica

Las uniones entre las barras son posibles gracias a ejes metálicos que tienen una resistencia frente a rotura y fatiga más que suficiente para garantizar un buen

funcionamiento. Para evitar que el conjunto se desmonte los ejes disponen de anillos de retención que evitan que los ejes se sobresalgan de su sitio.

La apertura y cierre de la pinza está dirigida por el servomotor que según las posiciones de este, la apertura tiene magnitud diferente. Se muestra en la Figura 43. La máxima apertura posible a que puede llegar la pinza es de 100mm que se alcanza cuando el servomotor llega a los 180°. Gracias a la precisión del servomotor en el intervalo 0°-180°, que se traduce en intervalo lineal 0mm-100mm se obtiene un agarre controlado y preciso.

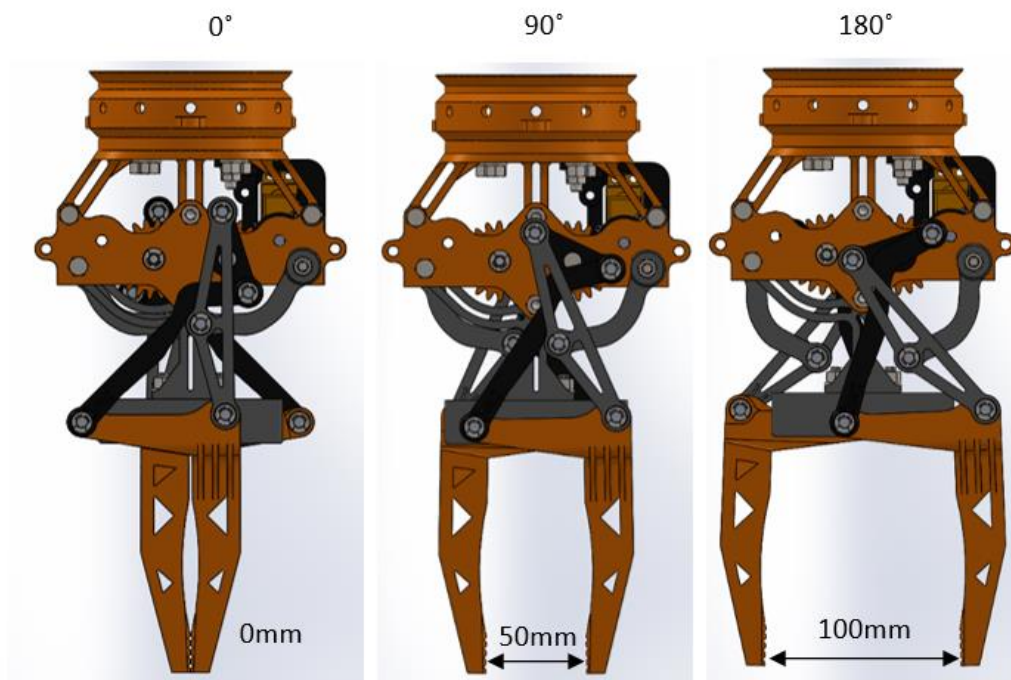


Figura 43. Imagen de apertura de la pinza en relación del giro del servomotor

Las trayectorias que seguirán los puntos de unión (los ejes de mecanismo de seis barras) se representa en la Figura 44. Se puede observar que la barra B1 girara unos 90 grados, debido a que el servomotor tiene un rango máximo de 180 grados y la reducción de los engranajes tiene una relación 1-2. Esto hace desplazar el dedo y los puntos de unión del dedo con las barras de unos 50 mm desde la posición inicial.

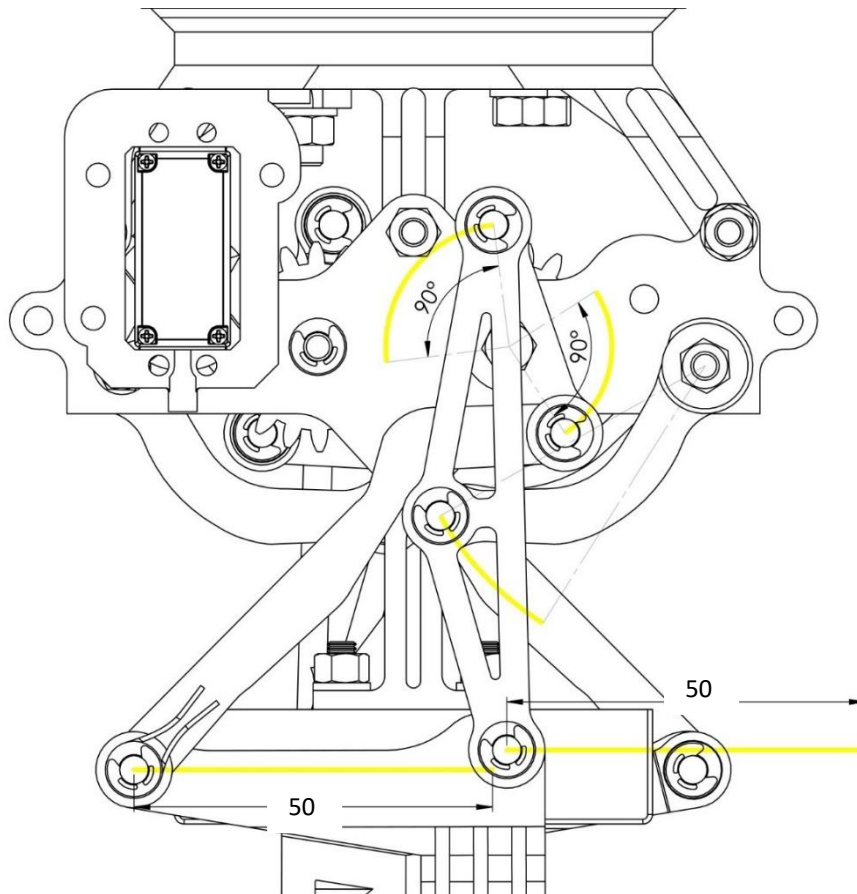


Figura 44. Dibujo de las trayectorias de los nudos en función del giro del tren de engranajes de las barras del mecanismo de seis barras

5.5.3 Mecanismo excéntrico para adaptación de agarre y frente sobrecarga

La pinza también requiere un agarre que permite agarrar las piezas y según su forma sin hacer daños estructurales tanto al objeto como a la pinza por sí mismo. Para conseguir un mecanismo que permite esto se intenta diseñar un mecanismo que funciona mediante un resorte y dos piezas deslizantes entre ellas. En mecanismo también debe de proteger a la pinza contra sobrecarga que puede haber durante el proceso de trabajo. La función que tiene el apoyo excéntrico es amortiguar los movimientos bruscos que pueden producirse durante el trabajo. Figura 45. Estos movimientos bruscos pueden ser provocados por el servomotor, el objeto de trabajo, colisión u otros factores externos.

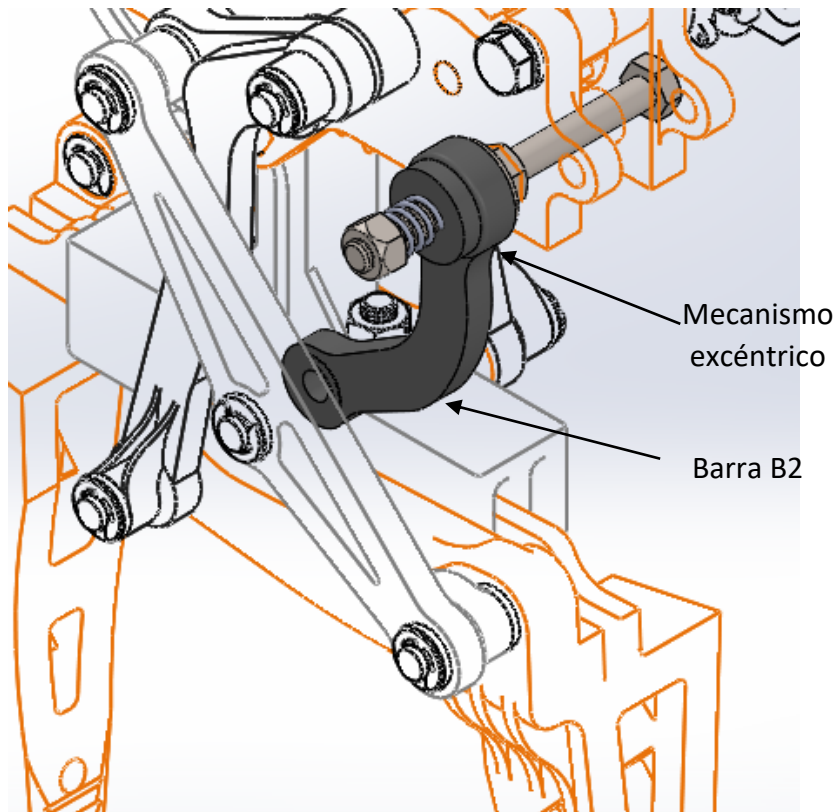


Figura 45. Esquema del mecanismo excéntrico para adaptación de agarre

Cualquier fuerza excesiva afectará a la barra B2 y de la Barra B2 se transmitirá al mecanismo de protección.

El mecanismo consta de las siguientes partes de la Figura 46:

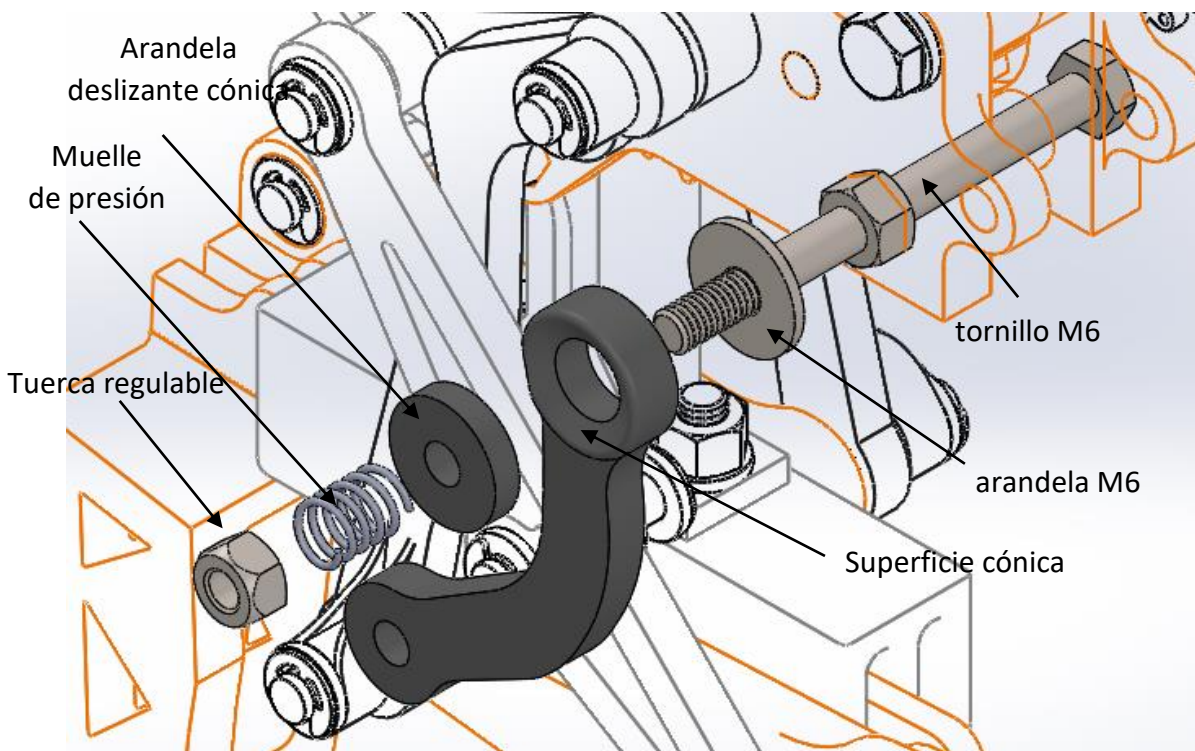


Figura 46. Esquema de vista explosionada del mecanismo excéntrico para adaptación de agarre

Y funciona de la siguiente forma: (Ver Figura 47).

La arandela está constantemente presionada por el muelle, la forma cónica de la arandela hace mantener la barra centrada hasta que una fuerza exterior no este aplicada. La tuerca se puede aflojar/des aflojar para poder regular presión de la arandela. Cuanto más este apretada la tuerca, más fuerza será necesaria para desplazar la barra de su centro.

Una vez aplicada una fuerza externa de magnitud suficiente para desplazar la arandela y comprimir el muelle la barra se convertiría excéntrica al eje y amortiguara la dicha fuerza. Ver Figura 48.

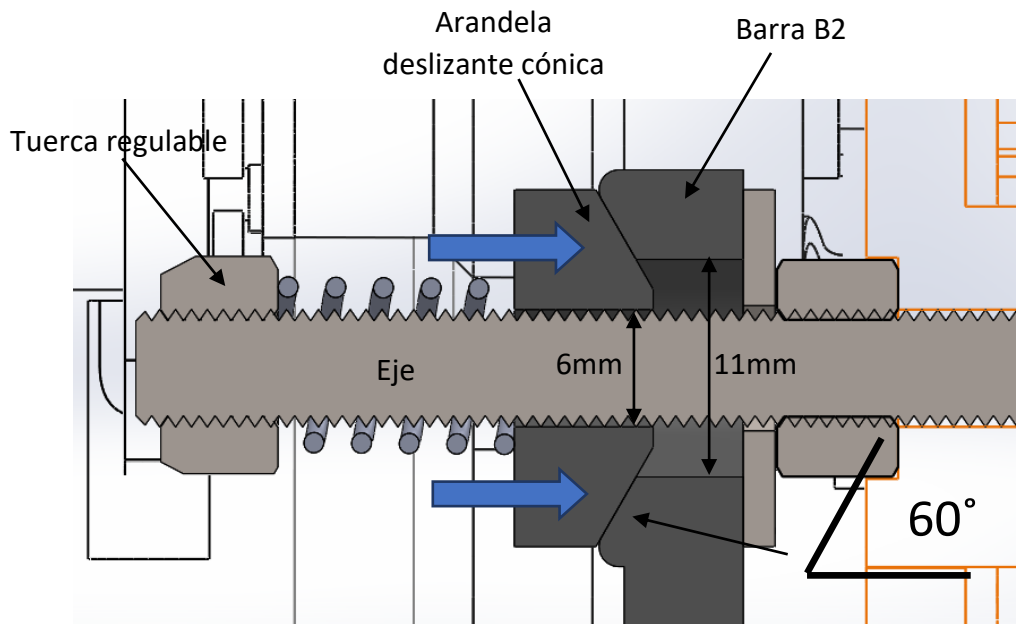


Figura 47. Esquema de vista de corte de mecanismo excéntrico en posición sin fuerza aplicada

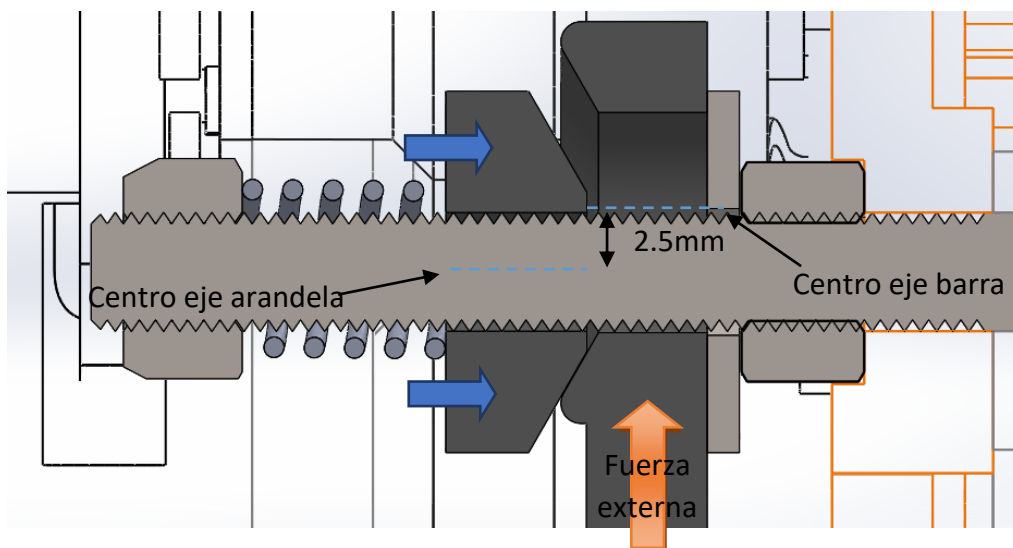


Figura 48. Esquema de vista de corte de mecanismo excéntrico en posición con fuerza aplicada

La excentricidad máxima posible es de 2.5mm ya que el diámetro del eje es de 6mm y la de la barra de 11mm.

5.5.4 Rail de refuerzo

En mecanismo de 6 barras por su complejidad y las numerosas uniones que tiene presenta una inconveniente estructural que se traduce en una debilidad mecánica. Para prevenir que el conjunto colapse se ha integrado en el diseño un rail de refuerzo mecánico que evita lo anteriormente mencionado. Figura 49

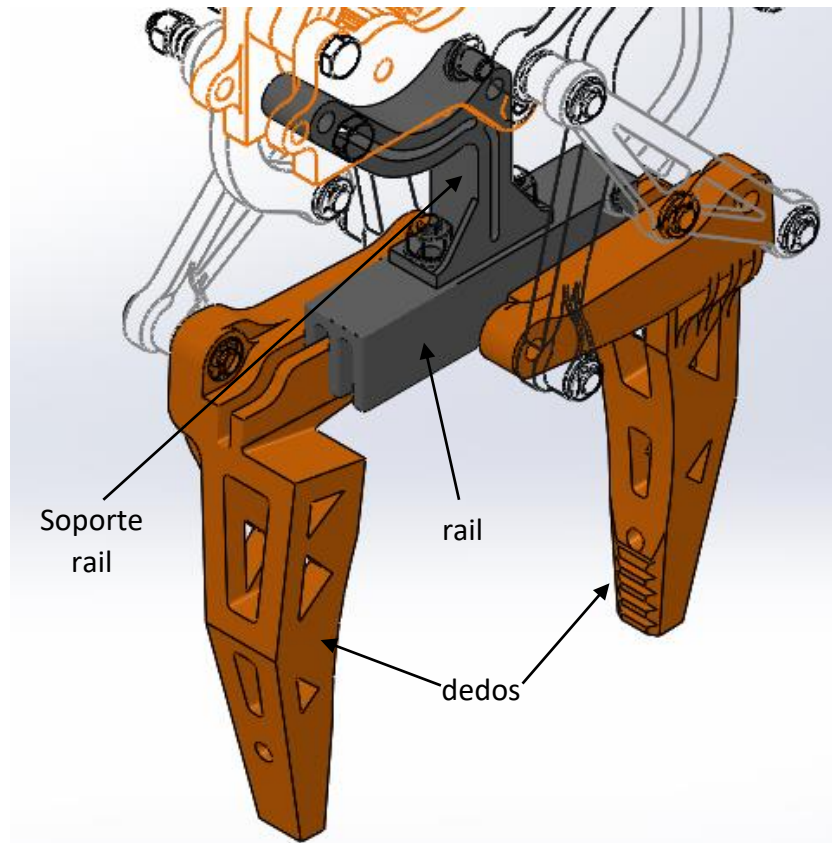


Figura 49. Imagen del rais de refuerzo

El rail tiene la función de mantener los dedos que siguen una trayectoria lineal así reforzando la estructura en general. Para conseguir la dicha trayectoria el rail se ha diseñado de tal forma que los dedos deslizan sobre canales que tiene el rail. Los elementos deslizan entre ellos de forma suave y segura. El rail se fija a la base de la pinza mediante un soporte. Figura 50.

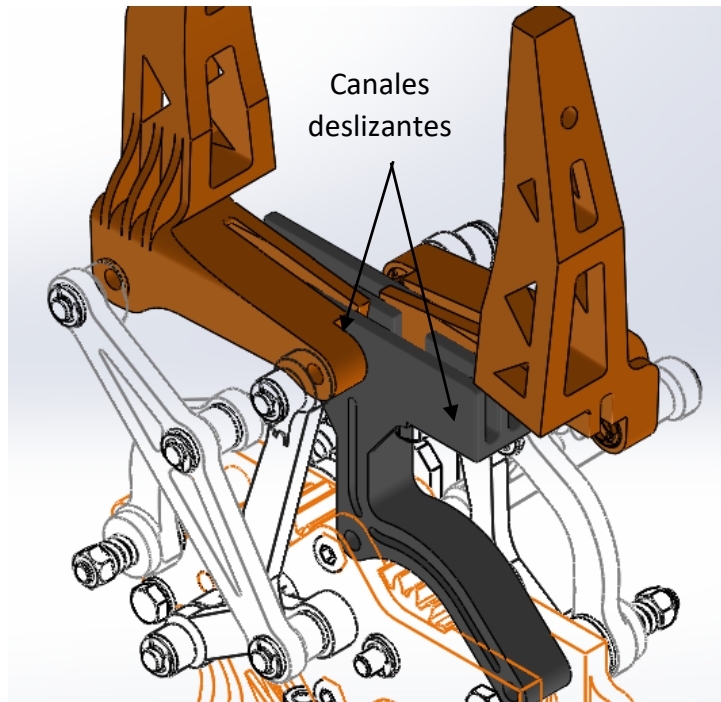
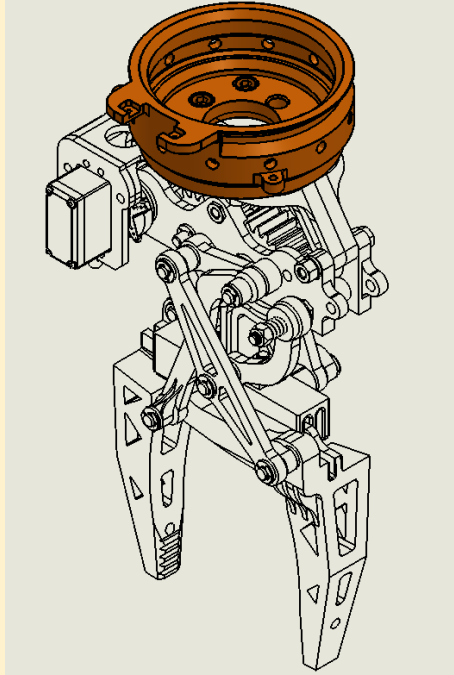


Figura 50. Imagen del rail de refuerzo

5.6 Diseño piezas pinza

A continuación, se muestran todas las piezas que forman parte de la pinza robótica en detalle. Igual que el acople la pinza también se compone de piezas mayoritariamente imprimidas en 3D y otras piezas disponibles en el mercado. Los componentes han sido diseñados siempre con la intención de optimizar el tamaño sin afectar a la fiabilidad de la pieza para conseguir un diseño eficaz y totalmente funcional

Pieza 28

**Acople universal (pinza)****Diseño**

Pieza específica diseñada para el prototipo

Funciones

Pieza de fundamental importancia, es la que comunica y tiene contacto directo con el acople móvil. Es la parte universal encargada de acoplarse con el acople del robot. Sirve como unión, adaptador y soporte de dodo el conjunto de la pinza. También sirve como soporte del conector eléctrico.

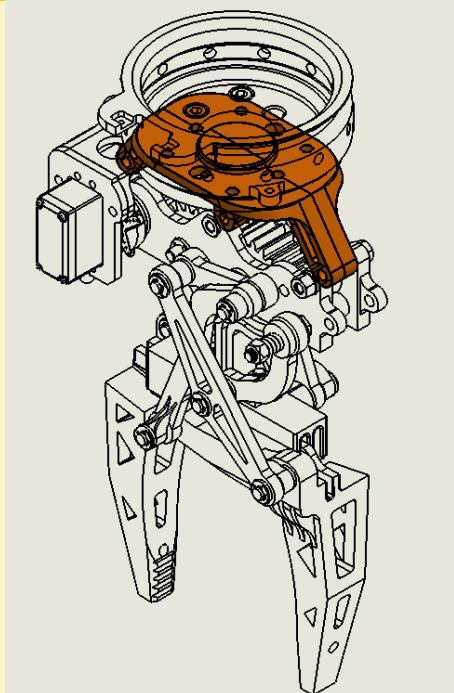
Localización

Parte superior, montada en el soporte principal de la pinza con 6 tornillos M6

Cálculos/Análisis

La pieza se encarga de sostener todo el peso del conjunto con lo que hay posibilidad de aplastamiento de esta en la zona donde los tres vástagos del acople móvil encajan con la pieza. Se ha hecho un estudio en el apartado del *Anexo de Simulaciones* para ver el comportamiento de la pieza frente a cargas extremas

Pieza 29

**Soporte principal pinza****Diseño**

Pieza específica diseñada para el prototipo

Funciones

Conecta el acople y la base, Mantiene la base fijada

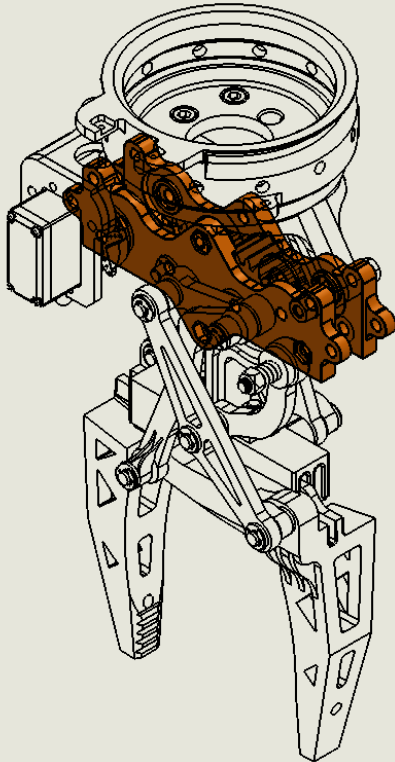
Localización

Entre el acople y la base. Conexión con la base en 3 puntos mediante 3 tornillos M6 y conexión con el acople mediante 6 tornillos M6

Cálculos/Análisis

Debido a la complejidad de la pieza se ha tomado la decisión de imprimir la pieza en 2 partes simétricas y posteriormente unidas en una pieza. Expuesta a cargas Tracción, Compresión y Flexión. Se ha hecho un estudio en el apartado del *Anexo de Simulaciones* para ver el comportamiento de la pieza frente a cargas extremas texto.

Pieza 30



base pinza

Diseño

Pieza específica diseñada para el prototipo

Funciones

Hace unir el tren de engranajes, el servomotor y el mecanismo de seis barrada. En su interior están los engranajes que están sujetos por la base de la pinza mediante ejes de acero. Para mantener junto todo el ensamblaje de la base se usan tornillos de M6 distribuidos por la periferia de la base para obtener un buen cierre.

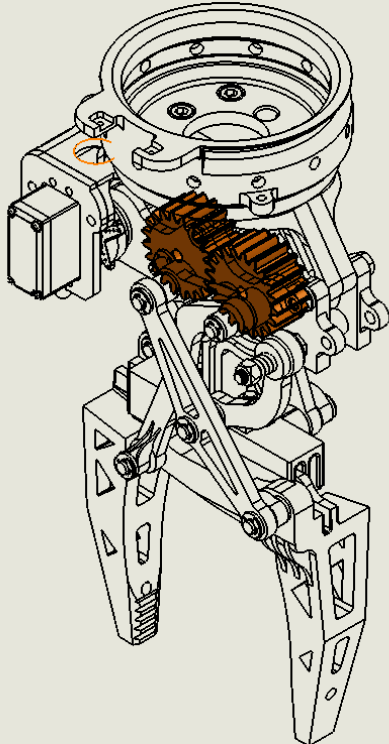
Localización

Parte central de la pinza montada al soporte principal de la pinza

Cálculos/Análisis

Expuesta a fricción debido a que en su interior hay piezas móviles, cargas de Tracción, Compresión y Flexión.

Pieza 31



Engranaje Z20

Diseño

Pieza específica diseñada para el prototipo

Funciones

Engranaje diseñado para transmitir la potencia y aumentar el par disponibles del motor para mover el mecanismo de seis barras. La pieza se conecta a la barra B1 mediante eje de acero que para su bloqueo se usa chaveta.

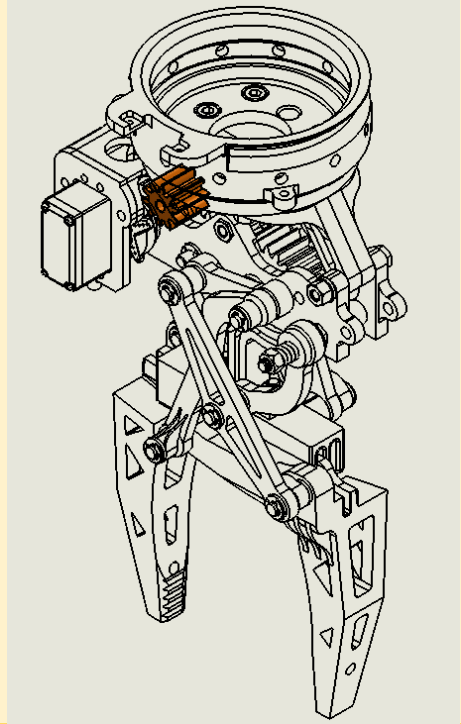
Localización

Parte central de la pinza, en el interior de la base de la pinza

Cálculos/Análisis

Se trata de un engranaje recto diseñado según las necesidades del prototipo. Ver apartado de *Cálculos*.

Pieza 32

**Engranaje Z10****Diseño**

Pieza específica diseñada para el prototipo

Funciones

Engranaje conectado al eje del servomotor que transmite la potencia al engranaje mayor (Z20). Bloqueado al eje mediante chaveta.

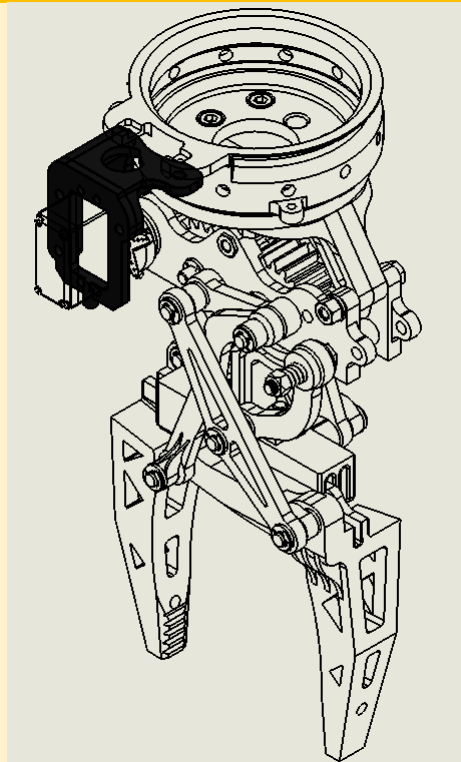
Localización

Parte central de la pinza, en el interior de la base de la pinza

Cálculos/Análisis

Se trata de un engranaje recto diseñado según las necesidades del prototipo. Ver apartado de *Cálculos*.

Pieza 33

**Soporte servomotor pinza****Diseño**

Pieza específica diseñada para el prototipo

Funciones

Diseñado para integrar el servomotor a la pinza. La pieza se fija a la pinza mediante 2 tornillos M6. El servomotor queda insertado en su interior y se monta con 4 tornillos M4

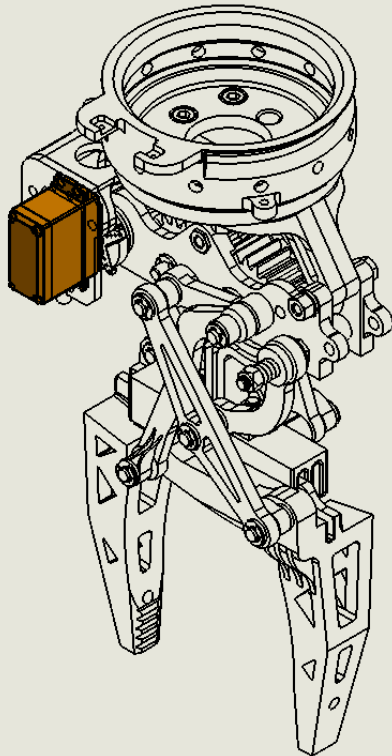
Localización

Parte exterior

Cálculos/Análisis

Pieza no expuesta a cargas de magnitud perjudicial que pueden llegar a la ruptura de la pieza.

Pieza 34



servomotor

Diseño

Disponible en el mercado.

Funciones

Su función es actuar el mecanismo de seis barras

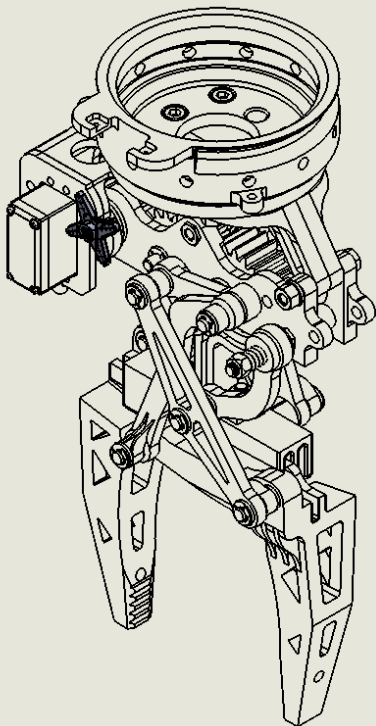
Localización

Parte exterior fijado por un soporte

Cálculos/Análisis

En motor es capaz de dar un par motor de 11kg.cm el cual es suficiente para actuar sobre el mecanismo. Tiene un rango de giro de máximo 180 grados

Pieza 35



Cruz servomotor

Diseño

Pieza disponible en el mercado.

Funciones

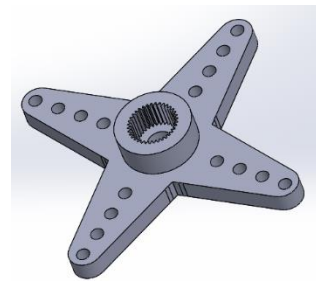
Adaptador/acople que une el eje del servomotor con el acople del engranaje.

Localización

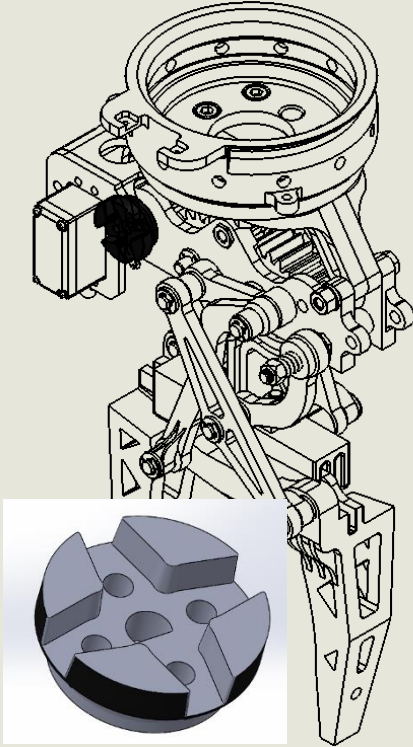
Fijado al servomotor

Cálculos/Análisis

Se trata de una pieza diseñada por el fabricante del servomotor



Pieza 36

**Acople cruz****Diseño**

Pieza específica diseñada para el prototipo

Funciones

Conectar el eje de la leva con el servomotor y absorber las posibles desalineaciones que puede haber. Su forma encaja con la cruz del servomotor dejando un margen de tolerancia adecuado para proteger el servomotor de sobrecargas.

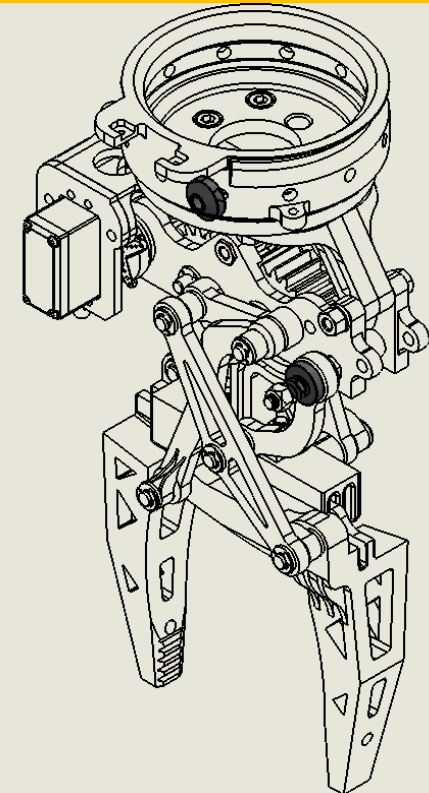
Localización

Se introduce en el eje de la leva y encaja con la cruz del servomotor

Cálculos/Análisis

El punto más débil de esta pieza es su centro, en el lugar donde encaja el eje/semieje. Aplicando una fuerza excesiva puede provocar unas deformaciones no deseadas. Se ha hecho un estudio en apartado del *Anexo de Simulaciones* para ver el comportamiento de la pieza frente a cargas.

Pieza 37

**Arandela cónica****Diseño**

Pieza específica diseñada para el prototipo

Funciones

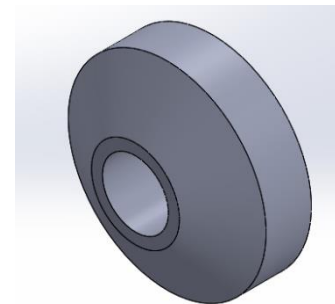
Pieza del mecanismo excéntrico. Mantiene centrada la barra B2 hasta que se aplique una fuerza excesiva. Esta presionada por un muelle de fuerza regulable.

Localización

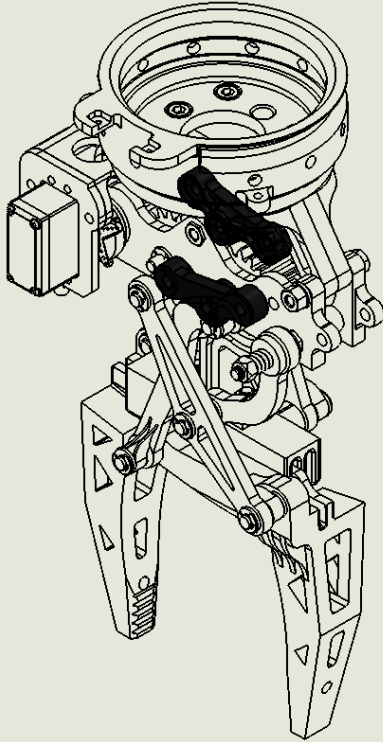
Montada en el Tornillo M6 de longitud 70mm

Cálculos/Análisis

Pieza no expuesta a cargas excesivas que pueden llegar a la ruptura de esta.



Pieza 38



Barra rotativa B1

Diseño

Pieza específica diseñada para el prototipo

Funciones

Es la barra promotora que dirige todo el mecanismo de seis barras, esta fijada al engranaje mayor. Hace mover las barras B3 y B4.

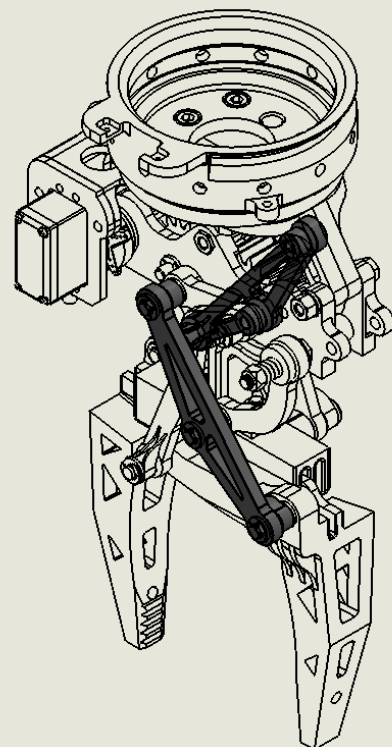
Localización

Fijada al engranaje Z20

Cálculos/Análisis

Es la pieza base del mecanismo de seis barras, lo que significa que será la barra con más esfuerzos aplicados sobre ella. Para evitar una rotura se ha hecho un diseño óptimo y fiable.

Pieza 39



Barra B3

Diseño

Pieza específica diseñada para el prototipo

Funciones

Barra conectada simultáneamente con el dedo de la pinza y con las barras B1 y B2. La combinación de los movimientos de las barras B1 y B2 hacen mover la barra en su extremo (punto de conexión con el dedo) linealmente.

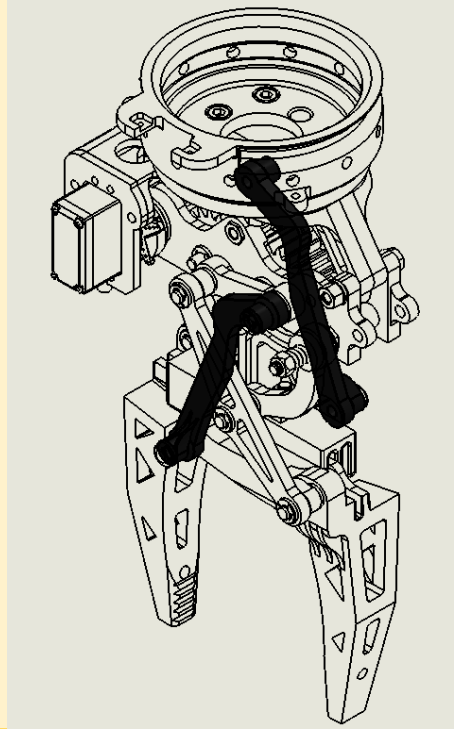
Localización

Parte central de la pinza, forma parte del mecanismo de seis barras

Cálculos/Análisis

Considerando que la barra está en contacto directo con el dedo y forma parte del mecanismo de seis barras. Sobre la pieza actúan sobre todo fuerzas de compresión y tracción.

Pieza 40

**Barra B4****Diseño**

Pieza específica diseñada para el prototipo

Funciones

Su función de mantener y dirigir el dedo de la pinza. Sirve también de tope del mecanismo, quiere decir que limita el mecanismo por los dos extremos, tope de apertura y tope de cierre .

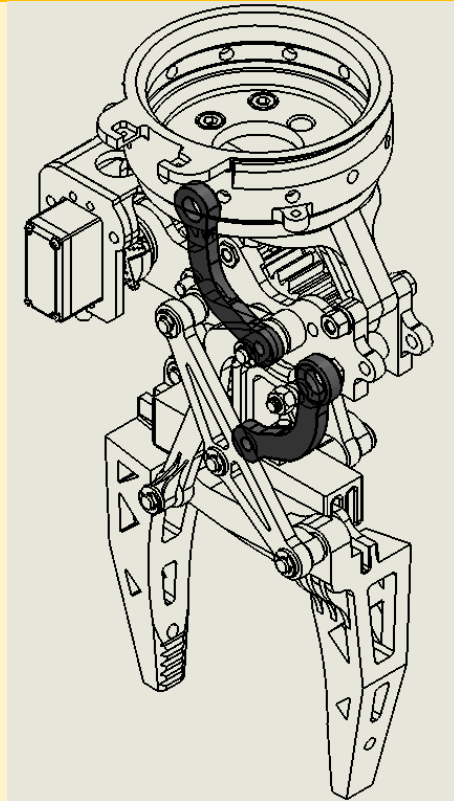
Localización

Parte central de la pinza, forma parte del mecanismo de seis barras

Cálculos/Análisis

Igual que la barra B3 se actúan fuerzas de tracción y compresión.

Pieza 41

**Barra B2****Diseño**

Pieza específica diseñada para el prototipo

Funciones

La pieza juega un papel importante a la estabilidad del mecanismo de seis barras, comunica con la barra B3 en un punto intermedio. Además de guiar la barra B3 también absorbe las fuerzas excesivas y las transmite al mecanismo de protección excéntrico.

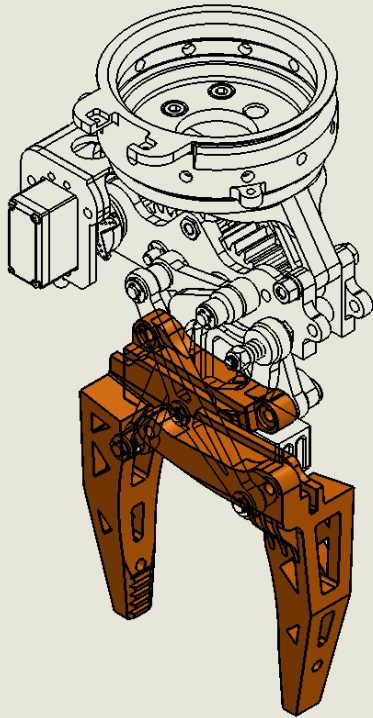
Localización

Parte central de la pinza, forma parte del mecanismo de seis barras

Cálculos/Análisis

Es la barra del mecanismo de seis barras que menos sufre de todas. Las fuerzas que actúan sobre ella son de tracción y compresión. Si que tiene que ser resistente al desgaste superficial en el extremo conectado al mecanismo excéntrico por los deslizamientos que hay.

Pieza 42



dedo

Diseño

Pieza específica diseñada para el prototipo

Funciones

Pieza terminal que se encargara de coger/agarrar el objeto y mantener lo sin que se deslice para. Para conseguir un mejor agarre la pieza dispone de pequeños canales en su extremo para evitar dicho deslizamiento del objeto. Dispone de agujeros que servirán para el montaje de otro polímero con propiedades mas adecuadas para un agarre mucho mejor que del plástico PLA. Se trata de una pieza optimizada que persigue conseguir una fiabilidad máxima con el menor peso posible.

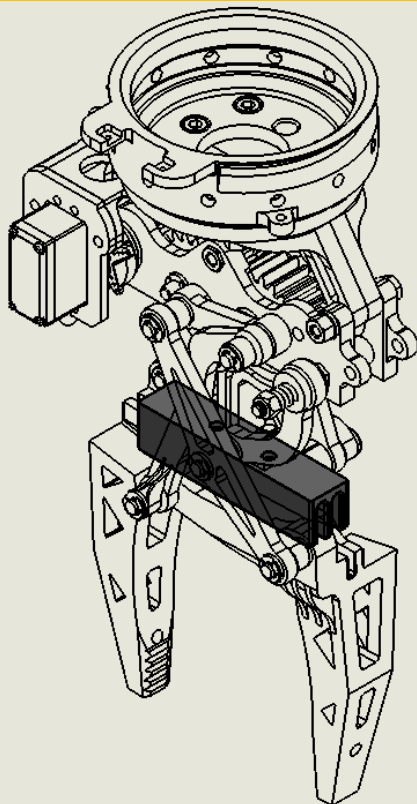
Localización

Parte inferior montada a las barras B3 y B4

Cálculos/Análisis

En apartado del *Anexo de Simulaciones* se puede ver el estudio estático que se ha ejecutado para estudiar el comportamiento de la pieza frente a cargas

Pieza 43



Rail Estabilizador

Diseño

Pieza específica diseñada para el prototipo

Funciones

Debido a la complejidad del mecanismo de seis barras y su debilidad frente a cargas que actual perpendicularmente a al movimiento del mecanismo surge la necesidad de un refuerzo mecánico que evitara cualquier fallo o ruptura. EL rail se fija a la base de la pinza mediante un soporte. Los dedos deslizan sobre el rail gracias a canales en su interior así reforzando todo el mecanismo de seis barras.

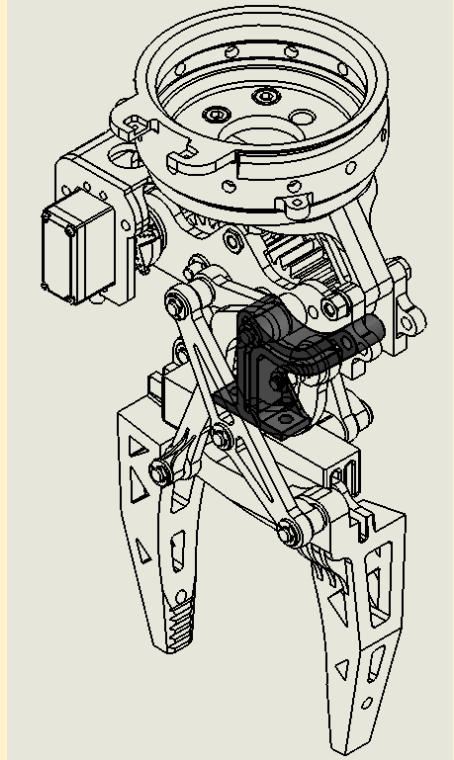
Localización

Parte central de la pinza fijado al soporte rail.

Cálculos/Análisis

Una de las propiedades requeridas del material de fabricación es la dureza superficial debido a la fricción que se produce entre el dedo y el rail. Para facilitar el deslizamiento y alargar la vida de la pieza se aplicará grasa en la zona de contacto por fricción.

Pieza 44

**Soporte rail****Diseño**

Pieza específica diseñada para el prototipo

Funciones

Fijación del rail. Se ha diseñado optimizando su peso para conseguir un coeficiente de seguridad máximo.

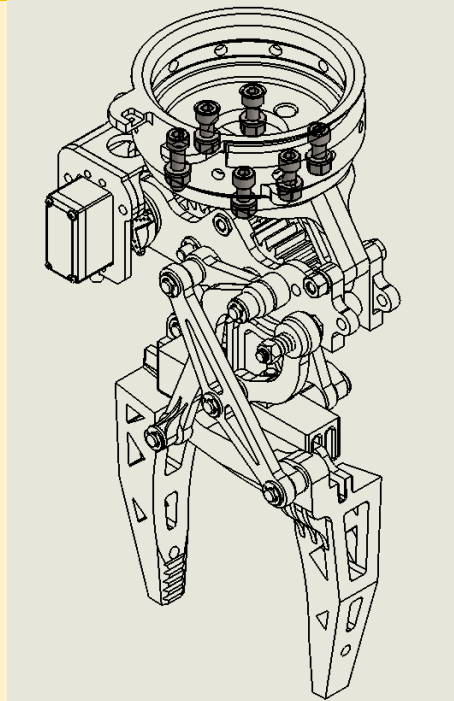
Localización

Parte central de la pinza fijada a la base de la pinza mediante 2 tornillos M6

Cálculos/Análisis

Sobre la pieza actuarán fuerzas de flexión con lo que hay que estudiar el comportamiento de la pieza frente a sobrecargas de tipo flexión. En el apartado del *Anexo de Simulaciones* se puede ver el estudio estático que se ha ejecutado.

Pieza 45

**Tornillos acople M6x16 ISO4762****Diseño**

Pieza disponible en el mercado. Tornillería.

Funciones

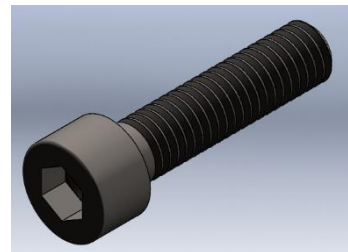
Fijación y unión acople-soporte principal pinza

Localización

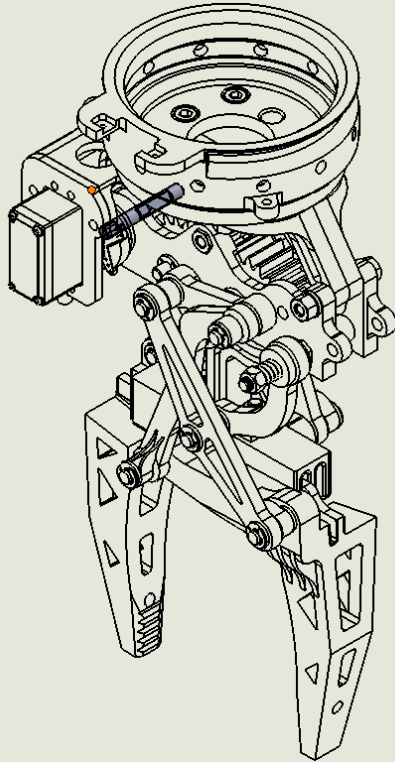
Parte superior pinza

Cálculos/Análisis

No necesarios, los 6 tornillos usados tienen la suficiente sección para aguantar fuerzas mucho mayores de lo que se enfrentarán en el ensamblaje de la pinza.



Pieza 46



Eje servomotor pinza

Diseño

Pieza específica diseñada para el prototipo

Funciones

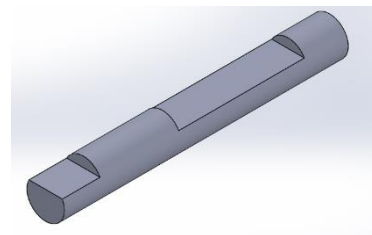
Conectar el servomotor con el engranaje piñón

Localización

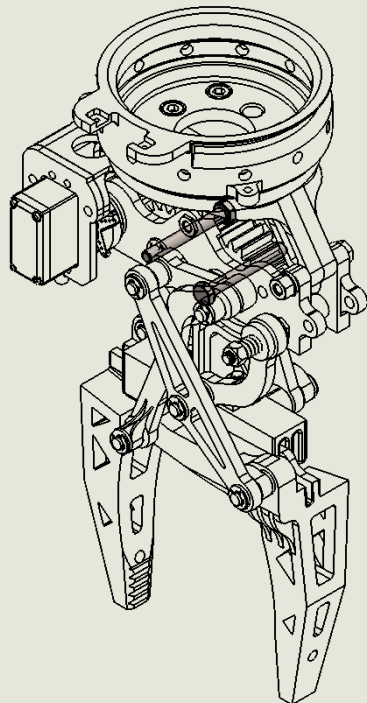
En el interior del engranaje Z10

Cálculos/Análisis

No necesarios. los 11kg.cm, el par máximo de motor es la fuerza de torsión máxima a la que se va a enfrentar el eje. Con un diámetro de 6mm y material de fabricación, acero, el eje no presentara ningún tipo de fallo a lo largo de su vida útil.



Pieza 47



Eje engranaje Z20

Diseño

Pieza específica diseñada para el prototipo

Funciones

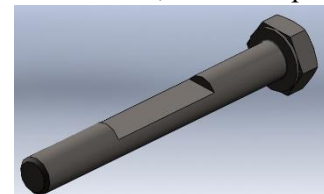
Transmitir el par del engranaje Z20 a la barra B1. Su cabeza hexagonal evita el giro de la barra alrededor de la misma y mediante chaveta se evita el giro del engranaje Z20 consiguiendo un ensamblaje que gira simultáneamente.

Localización

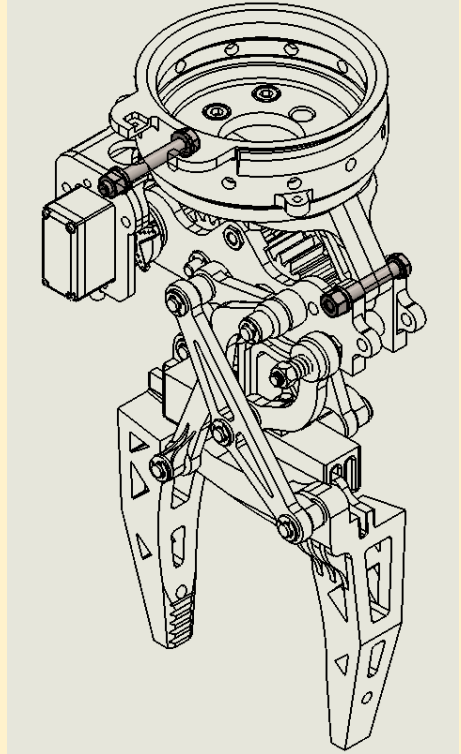
Interior del engranaje Z20

Cálculos/Análisis

Pieza expuesta a torsión. Material usado; acero. El par máximo a que se va a someter el eje es insignificante para poder afectar al límite elástico del material.



Pieza 48

**Tornillos M6X50 ISO4016****Diseño**

Pieza disponible en el mercado. Tornillería.

Funciones

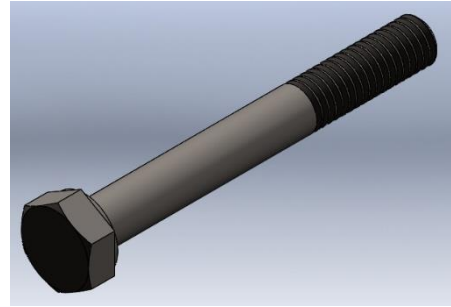
Montaje – conexión base de la pinza con soporte principal de la pinza.

Localización

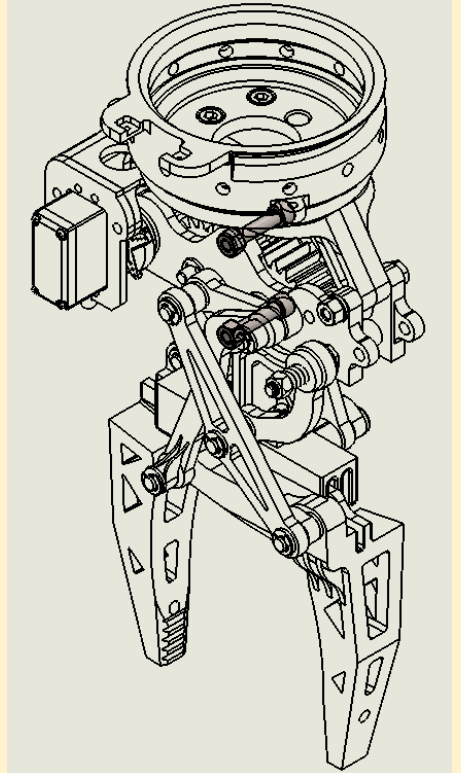
En la periferia de la pinza.

Cálculos/Análisis

Existencia de fuerzas de cizalladura, dichas fuerzan no afectaran al tornillo de acero.



Pieza 49

**Tornillo M6X30 ISO4762****Diseño**

Pieza disponible en el mercado. Tornillería.

Funciones

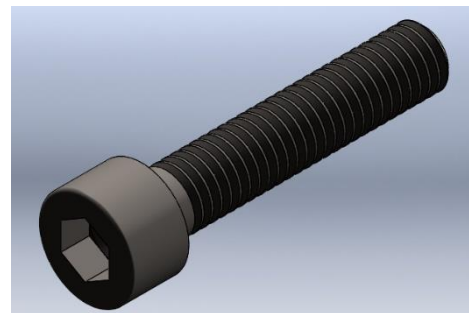
Mantener unida la base y fijar el soporte del rail.

Localización

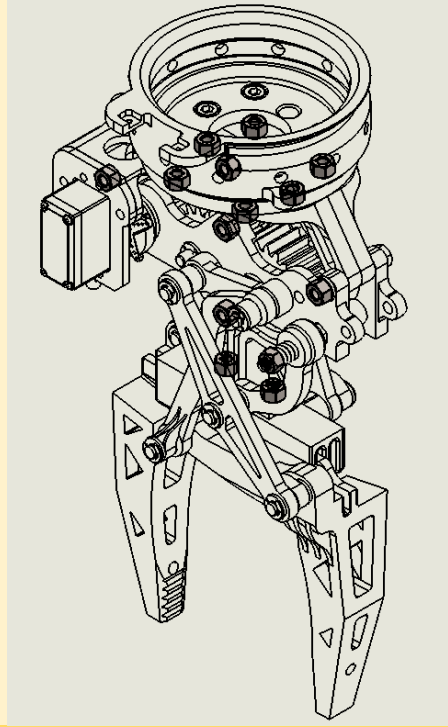
Parte central de la pinza

Cálculos/Análisis

No necesarios, Fuerzas insignificantes para poder llegar a cualquier fallo de la pieza.



Pieza 50



Tuerca M6 ISO4034

Diseño

Pieza disponible en el mercado. Tornillería.

Funciones

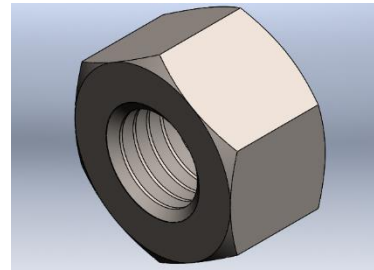
Tuerca de unión usada como tuerca estándar en todo el ensamblaje de la pinza.

Localización

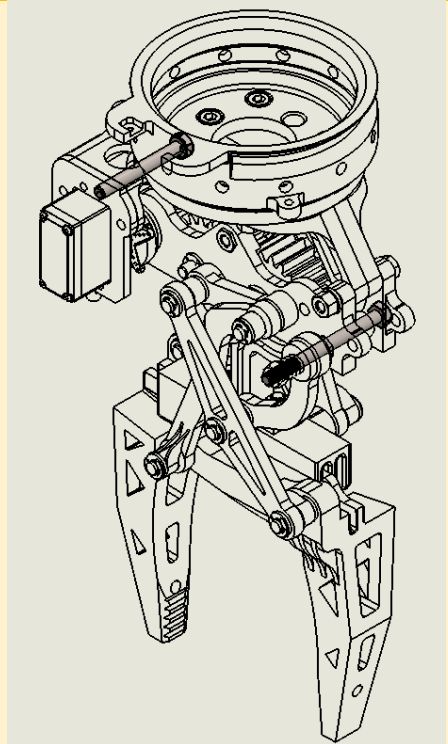
Enroscada en tornillo M6

Cálculos/Análisis

Pieza que garantiza antes el fallo del tornillo que de la tuerca. Cálculos no necesarios.



Pieza 51



Tornillo M6X70

Diseño

Pieza disponible en el mercado. Tornillería.

Funciones

Forma parte del ensamblaje de la base también mantiene fijo el mecanismo excéntrico

Localización

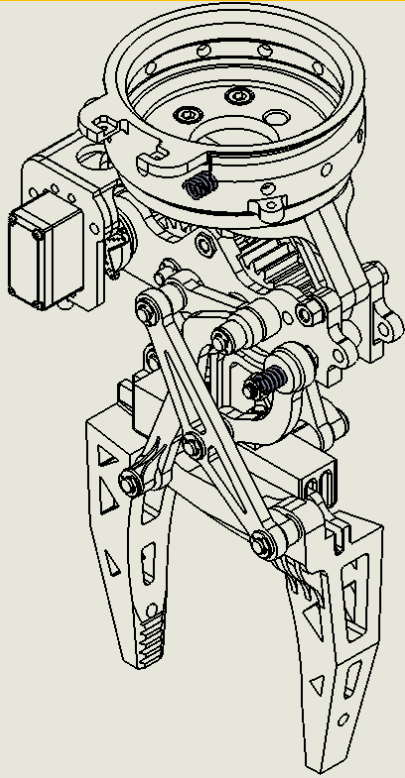
Periferia de la pinza

Cálculos/Análisis

No necesarios. Pieza suficientemente resistente para los requisitos del ensamblaje.



Pieza 52

**Muelle mecanismo excéntrico****Diseño**

Pieza disponible en el mercado.

Funciones

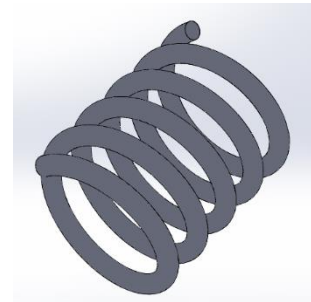
Mantiene presionada la arandela cónica que forma parte del mecanismo excéntrico.

Localización

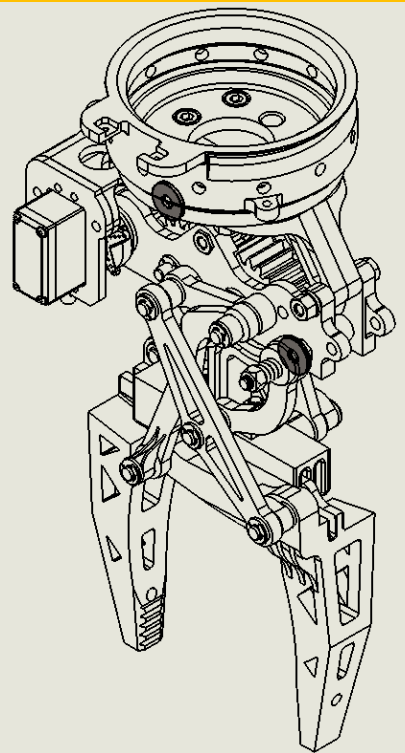
Periferia de la pinza. Tornillo M6X70

Cálculos/Análisis

Según las necesidades de la pinza se puede incorporar distintos tipos de muelles con constantes de compresión diferentes.



Pieza 53

**Tuerca M6 deslizante ISO 7093****Diseño**

Pieza disponible en el mercado. Tornillería.

Funciones

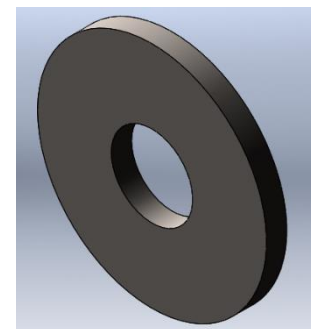
Sirve como plano deslizante para la barra B2.

Localización

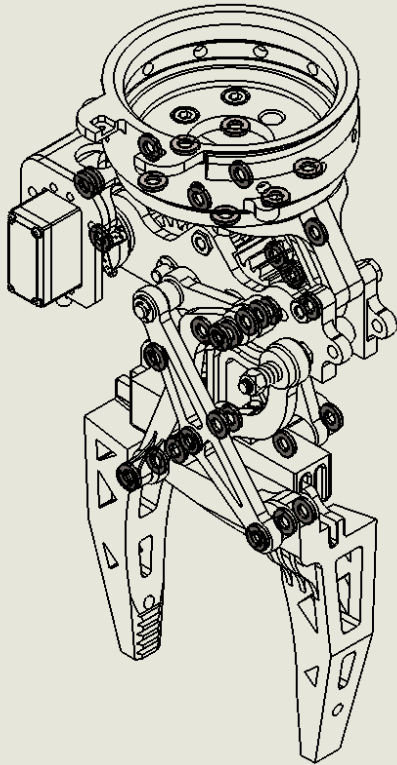
Periferia de la pinza

Cálculos/Análisis

No necesarios, no intervienen fuerzas que pueden afectar a la pieza concreta.



Pieza 54



Arandela M6 ISO 7089

Diseño

Pieza disponible en el mercado. Tornillería

Funciones

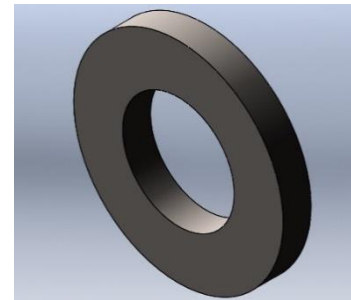
Sirve para asegurar una sujeción uniforme en las uniones y previene el aflojamiento de la fijación debido a vibraciones. También funciona como espaciador, de resorte, dispositivo indicador de precarga y como dispositivo de seguro.

Localización

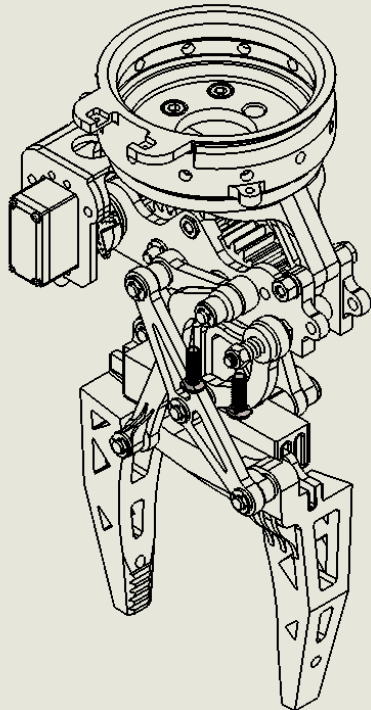
Por todo el ensamblaje

Cálculos/Análisis

No necesarios. Pieza normalizada diseñada por el fabricante.



Pieza 55



Tornillo Soporte rail M6X20 ISO7046

Diseño

Pieza disponible en el mercado. Tornillería

Funciones

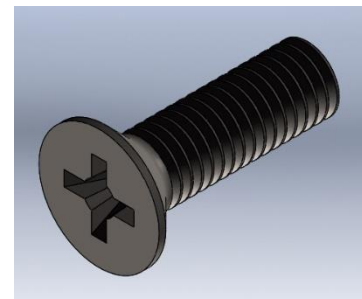
Fijar el rail. Para mejor una mejor fijación el tornillo elegido es de cabeza cónica.

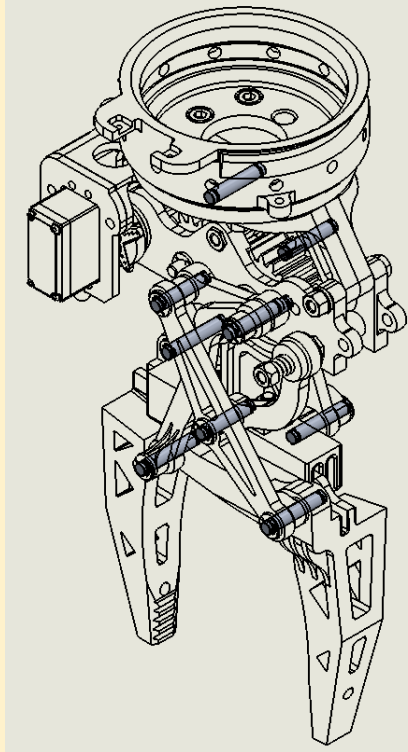
Localización

Parte central de la pinza

Cálculos/Análisis

No necesarios. Pieza normalizada diseñada por el fabricante.



Pieza 56**Ejes 31/32/35****Diseño**

Pieza específica diseñada para el prototipo. Un total de 10 ejes con longitud de 31mm, 32mm y 35mm.

Funciones

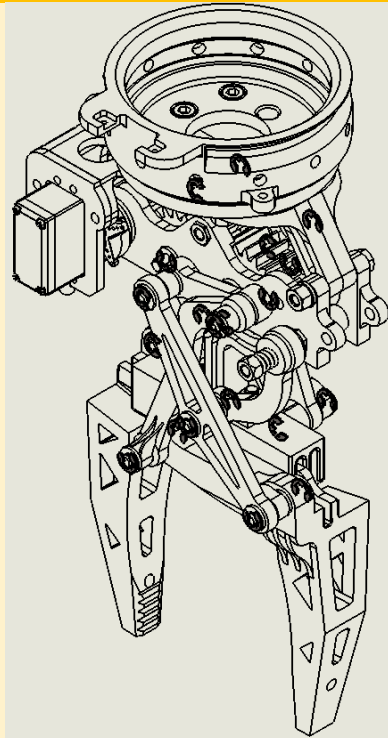
Unión entre barras del mecanismo de seis barras. Para que las articulaciones sean funcionales y fiables se han diseñado ejes de acero inoxidable que permitirán un giro efectivo con poca fricción mecánica. En los extremos de cada barra se colocarán anillos de retención que evitarán que los ejes se sobresalgan de las barras.

Localización

Forman parte del mecanismo de seis barras

Cálculos/Análisis

Existencia de fuerza de flexión y cizalladura, cuales no tienen la magnitud suficiente para llegar al fallo de la pieza.

**Pieza 57****Anillo de retención - 5mm DIN6679****Diseño**

Pieza disponible en el mercado. Un total de 22 anillos usados para el prototipo.

Funciones

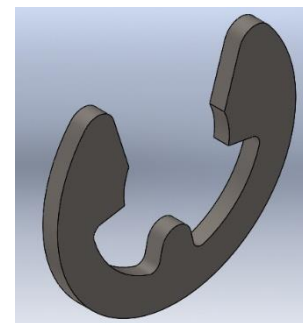
Mantener en su posición los ejes del mecanismo de seis barras.

Localización

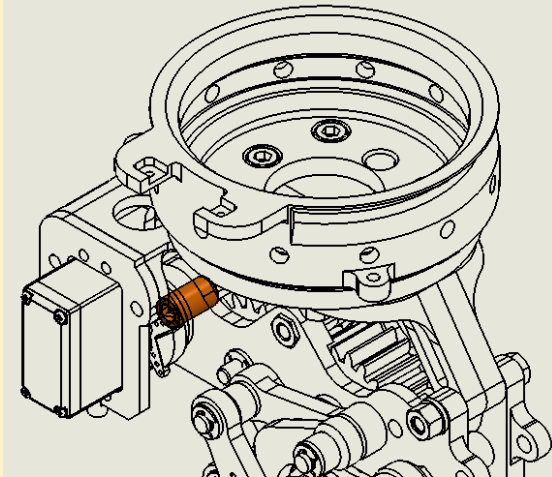
Montados en los ejes que forman parte del mecanismo de seis barras

Cálculos/Análisis

No necesarios. Pieza normalizada diseñada por el fabricante.



Pieza 58



Cilindro separador

Diseño

Pieza específica diseñada para el prototipo.

Funciones

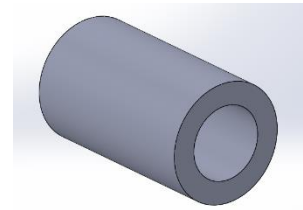
Separador de las bases de la pinza. Se inserta en el tornillo M6X70.

Localización

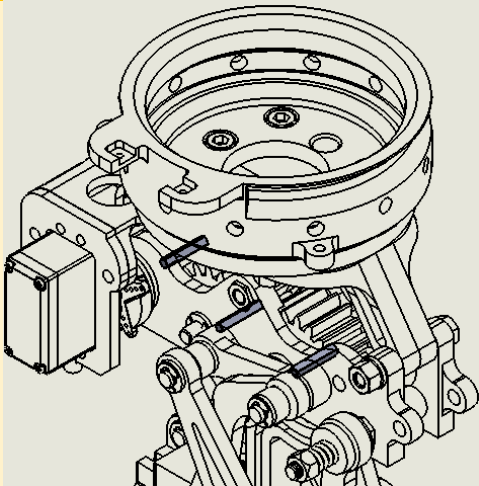
Entre las bases de la pinza

Cálculos/Análisis

Fuerzas de compresión de precarga por la tuerca del tornillo M6x70.



Pieza 59



chaveta

Diseño

Pieza específica diseñada para el prototipo.

Funciones

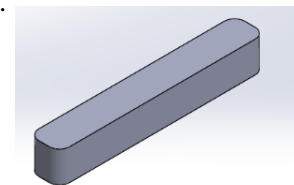
Evitar el giro del engranaje con el eje motriz.

Localización

Interior del engranaje

Cálculos/Análisis

La chaveta puede sufrir una plastificación por compresión o por cizalladura.



5.7 Proceso de diseño de elemento terminal – Taladro con adaptador universal

Otro elemento terminal que se diseña en este proyecto es un taladro que puede usar varias herramientas de trabajo gracias a su adaptador universal que tiene instalado. Entre las herramientas que se pueden colocar se incluye un destornillador estrella, plano, Torx, Allen o hexagonal, llaves de tubo, brocas para madera, metal o plástico, etc.

El taladro está equipado con un motor paso a paso lo que permite un control preciso a la hora de controlar la velocidad del giro y el par del motor. Esto hace que el terminal taladro robótico sea buena herramienta de montaje, desmontaje, taladrado o mecanizado. Se puede visualizar en la Figura 51:



Figura 51. Imagen del elemento terminal -Taladro.

El adaptador universal colocado en la punta del taladro permite la colocación de herramientas de gran variedad. El adaptador dispone de una bola autoblocante que evita la caída de la herramienta de trabajo. Se muestra en Figura 52. Para la colocación de brocas u otras herramientas de mecanizado será necesario otro tipo de adaptador.

El adaptador se conecta al ensamblaje mediante un fijador. El fijador por su lado se conecta a un acople flexible que adsorberá cualquier desalineación existente para proteger el motor y la pieza de trabajo.

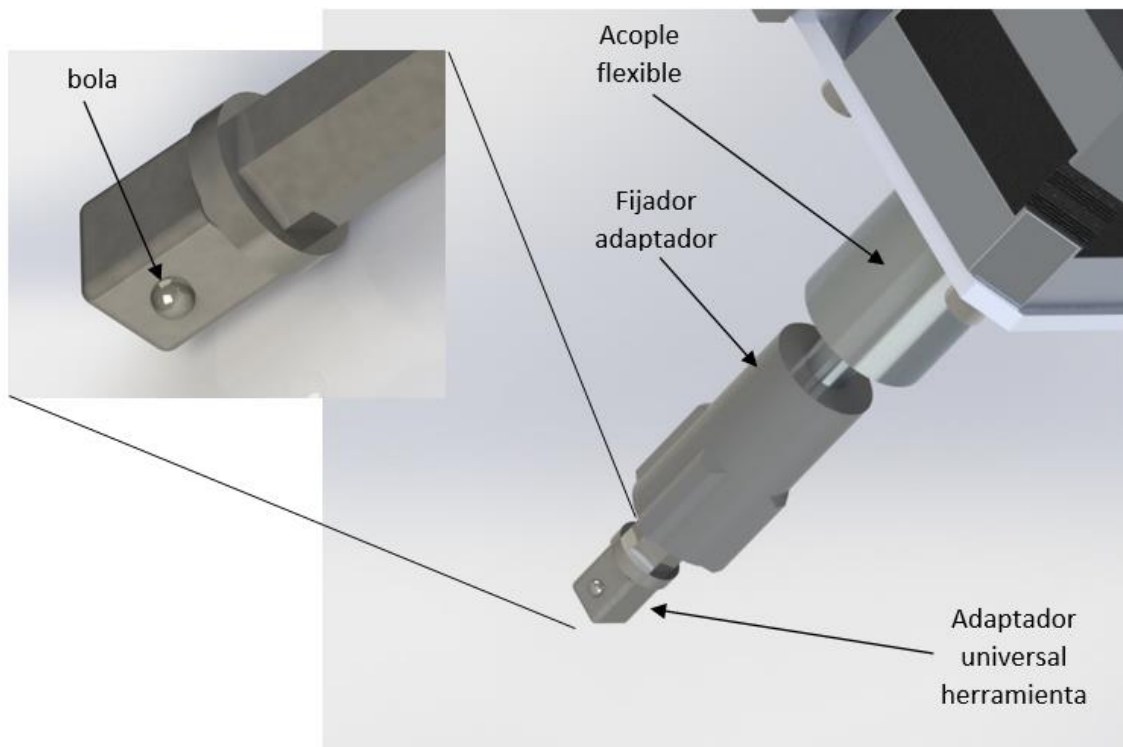


Figura 52. Imagen del adaptador universal del taladro

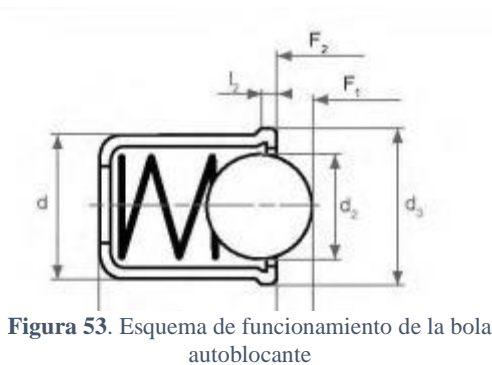


Figura 53. Esquema de funcionamiento de la bola autoblocante

La bola autoblocante mantiene la herramienta gracias a un resorte que empuja esta hacia el exterior. Al colocar la herramienta la bola es obligada a retroceder hacia el interior y una vez que llegue la herramienta a su tope, de nuevo sobresale en una cavidad en el interior de la herramienta, así manteniendo la herramienta en su posición. Se aprecia en la Figura 53.

Entre la amplia gama de herramientas universales disponibles en el mercado se pueden colocar las herramientas mostradas en la Figura 54.

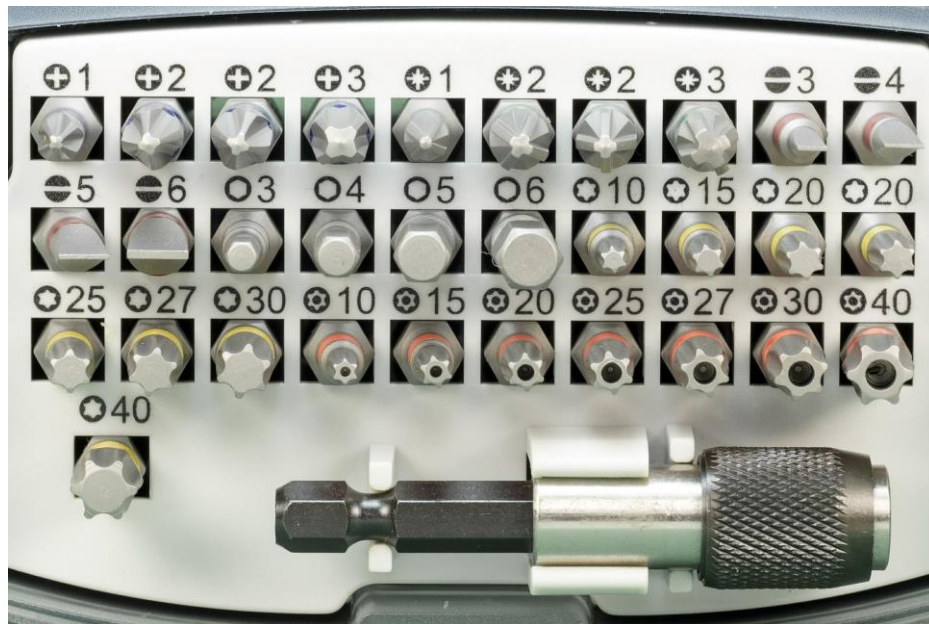


Figura 54. Imagen de un set de herramientas universales disponibles en el mercado

5.7.1 Estructura general

Se trata de una estructura simple, compuesta de varias piezas con la finalidad de obtener un modelo funcional y adaptable al acople universal. El ensamblaje está compuesto principalmente de las siguientes piezas: (Ver Figura 55).

- Un acople universal que se adapta perfectamente al acople móvil del robot, la pieza se encarga de acoplarse con el robot y mantener todo el ensamblaje.
- Un soporte que se coloca al acople mediante tornillos M6. La pieza contiene rodamientos lineales que tienen la función de mantener las barras en su interior deslizando libremente.
- 2 barras deslizantes
- 2 resortes que absorben cada impacto o fuerzas excesivas aplicadas en la herramienta
- Para una regulación de la presión aplicada sobre los resortes se ha diseñado una base desplazable que permite regular dicha fuerza.
- Un soporte fijado en las barras deslizantes y soporta el motor paso a paso

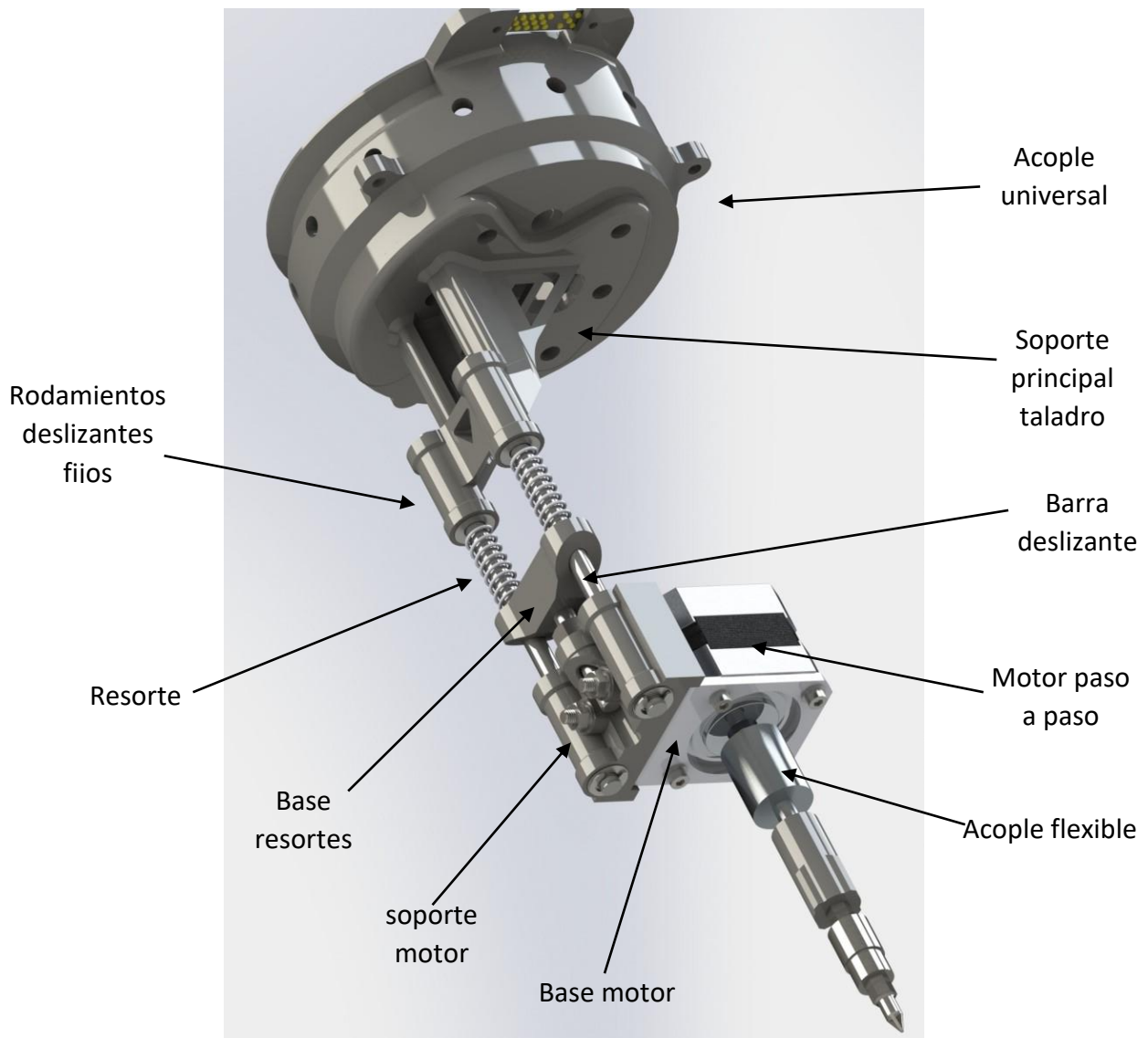


Figura 55. Esquema del taladro y las piezas que forman el ensamblaje

El diseño permite un movimiento lineal del conjunto motor-soporte motor gracias a las barras deslizantes que se introducen en los rodamientos del soporte principal del taladro. Para limitar el desmontaje de las barras se han introducido anillos de retención en el tope de cada una de las barras asegurando así un buen funcionamiento. En la Figura 56 se muestra el funcionamiento del sistema de amortiguación. El sistema permite un desplazamiento de hasta 15mm.

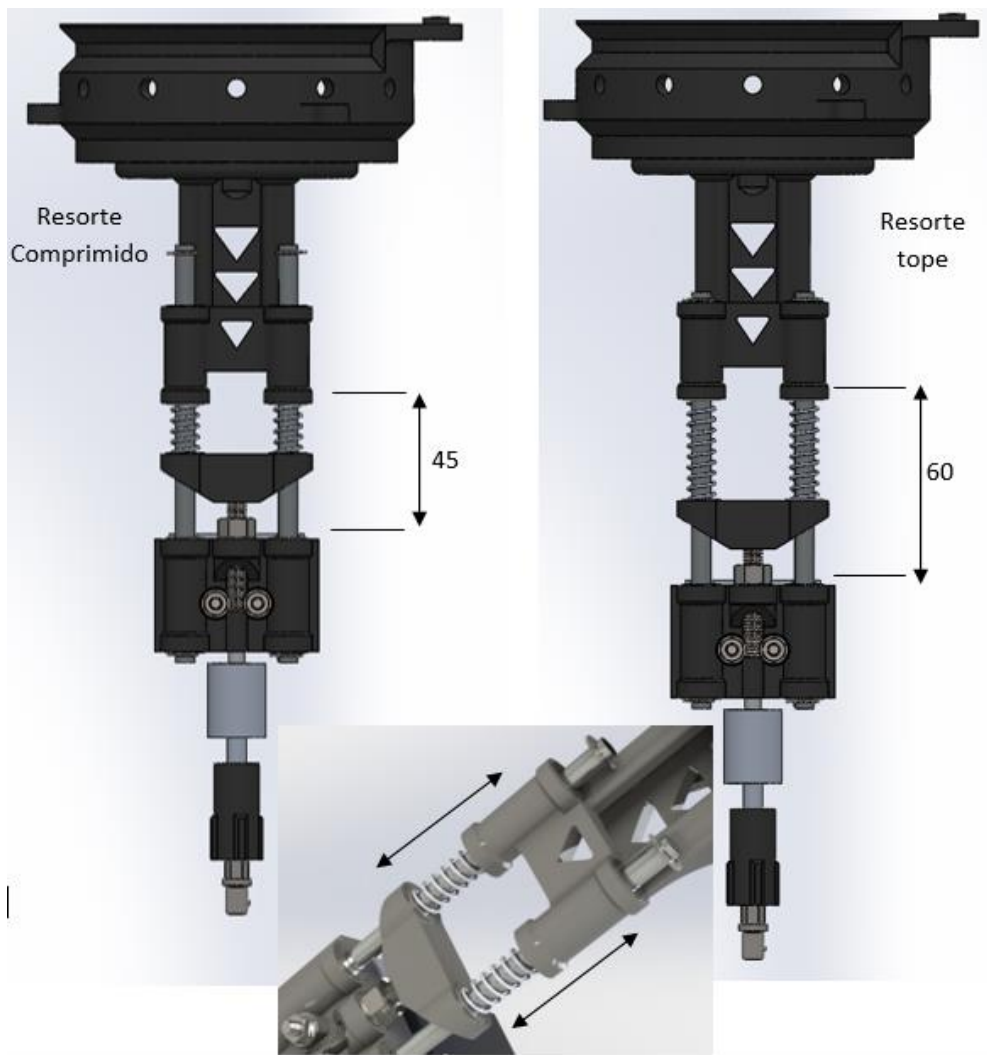


Figura 56. Imágenes del mecanismo del sistema de regulación de apriete del taladro

5.7.2 Mecanismo de regulación de apriete mecánico

Se ha introducido en el diseño un mecanismo que permite regular la compresión de los resortes así regulando la fuerza la herramienta. Es importante poder regular esta fuerza en el caso de que la herramienta de trabajo sea un destornillador o broca donde la fuerza que se aplica es fundamental. Se puede observar en la Figura 57.

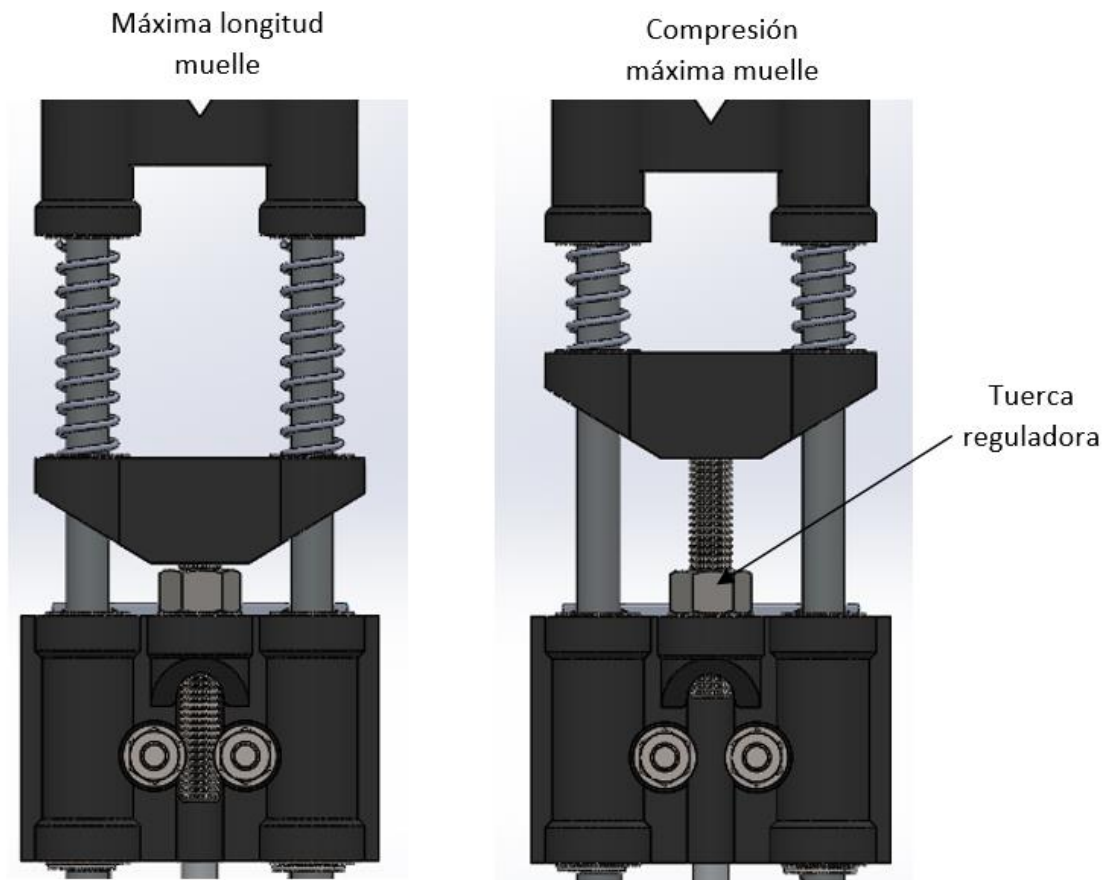


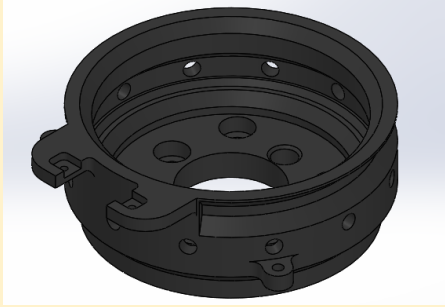
Figura 57. Imagen de proceso de regulación del sistema de apriete del taladro

Para cambiar la posición de la base de los resortes es necesario girar la tuerca reguladora en un sentido para comprimir los resortes y en otro para descomprimir así consiguiendo variar la fuerza de apriete de la herramienta de trabajo.

5.8 Diseño de las piezas del destornillador/ taladradora

A continuación, se muestran todas las piezas que forman parte del taladro. Igual que en el acople, el taladro también se compone de piezas mayoritariamente imprimidas en 3D y otras piezas disponibles en el mercado. Los componentes han sido diseñados siempre con la intención de optimizar el tamaño sin afectar a la fiabilidad de la pieza para conseguir un diseño eficaz y totalmente funcional.

Pieza 60

**Acople universal (taladro)****Diseño**

Pieza específica diseñada para el prototipo

Funciones

Pieza de fundamental importancia, es la que comunica y tiene contacto directo con el acople móvil. Es la parte universal encargada de acoplarse con el acople del robot. Sirve como unión, adaptador y soporte de todo el conjunto del taladro. También sirve como soporte del conector eléctrico.

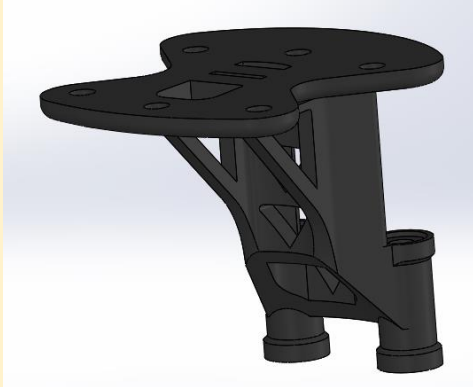
Localización

Parte superior, montada en el soporte principal del taladro con 6 tornillos M6

Cálculos/Análisis

La pieza se encarga de sostener todo el peso del conjunto con lo que hay posibilidad de aplastamiento de esta en la zona donde los tres vástagos del acople móvil encajan con la pieza. Se ha hecho un estudio en apartado del *Anexo de Simulaciones* para ver el comportamiento de la pieza frente a cargas extremas

Pieza 61

**Soporte principal (Taladro)****Diseño**

Pieza específica diseñada para el prototipo

Funciones

Su función principal es mantener las barras deslizadoras que se mueven linealmente en los rodamientos integrados en la pieza. Para garantizar un buen funcionamiento de la pieza es necesario engrasar los rodamientos periódicamente. Para ser posible el engrase correcto se han introducido dos agujeros en cada rodamiento para poder aplicar la grasa en el interior.

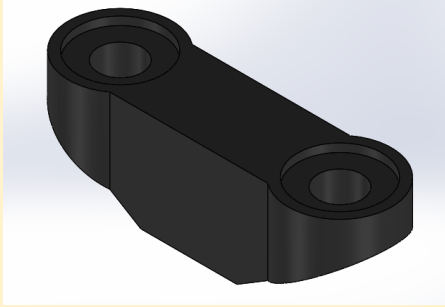
Localización

Parte superior, montada con 6 tornillos M6 al Acople universal (taladro)

Cálculos/Análisis

Pieza expuesta a cargas Tracción, Compresión y Flexión. Se ha hecho un estudio en apartado del *Anexo de Simulaciones* para ver el comportamiento de la pieza frente a cargas extremas.

Pieza 62



Base resortes

Diseño

Pieza especifica diseñada para el prototipo

Funciones

La misión principal de esta pieza es variar la fuerza aplicada sobre los muelles mediante una tuerca reguladora. La pieza se desplaza sobre las barras.

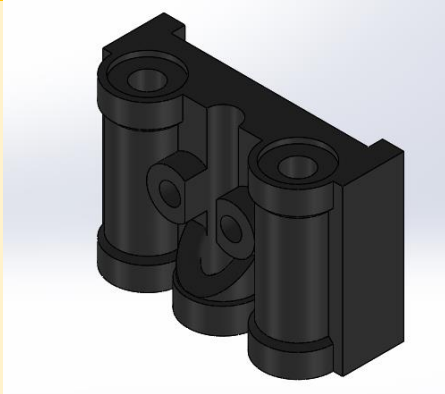
Localización

Parte central. Montada sobre las barras deslizadoras

Cálculos/Análisis

Pieza expuesta a cargas Compresión y Flexión. No se requiere análisis.

Pieza 63



Soporte motor taladro

Diseño

Pieza especifica diseñada para el prototipo

Funciones

Mantener unido el motor junto con las barras deslizadoras. Las barras permanecen fijas en el interior de la pieza mediante 2 anillos de retención. En el medio de la pieza se inserta la barra roscada que va unida a la base del resorte. La barra roscada avanza y retrocede en el interior de la pieza libremente según el giro de la tuerca reguladora. El motor permanece fijo gracias a una base que se une a la pieza mediante 2 tornillos M4.

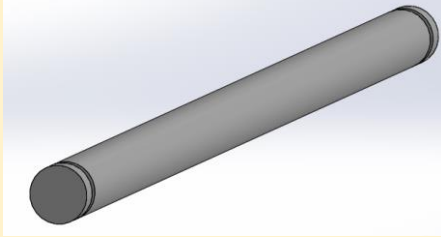
Localización

Parte central. Fijada al las barras deslizadoras.

Cálculos/Análisis

Pieza de montaje, cálculos no necesarios.

Pieza 64

**Barra deslizadora****Diseño**

Pieza específica diseñada para el prototipo

Funciones

Mantener el conjunto del Motor paso a paso y permitir el movimiento lineal de este.

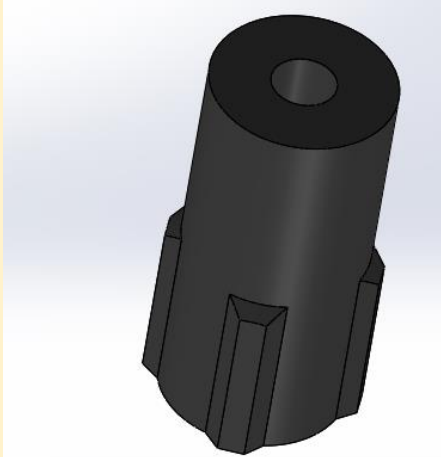
Localización

Parte central. Deslizándose en el interior de los rodamientos.

Cálculos/Análisis

Pieza fabricada de acero inoxidable. Las fuerzas que ejercerá el robot no son suficientes para llegar a alguna deformación permanente de la pieza.

Pieza 65

**Fijador adaptador****Diseño**

Pieza específica diseñada para el prototipo

Funciones

Sirve de unión entre el adaptador universal y el acople de aluminio.

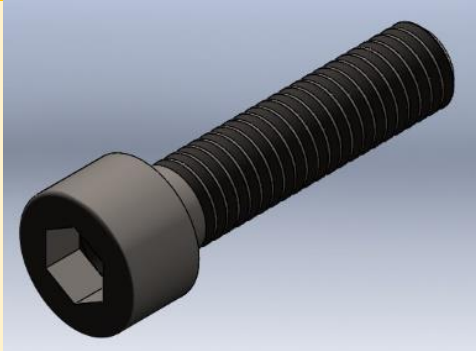
Localización

Parte inferior. Montada a acople de aluminio

Cálculos/Análisis

Pieza expuesta a cargas torsión. Posibles aplastamientos.

Pieza 66



Tornillos acople M6x20 ISO4762

Diseño

Pieza disponible en el mercado. Tornillería.

Funciones

Fijación y unión acople-soporte principal taladro

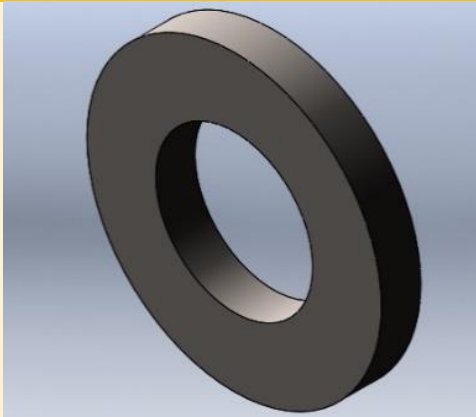
Localización

Parte superior taladro

Cálculos/Análisis

No necesarios, los 6 tornillos usados tienen la suficiente sección para aguantar fuerzas muchas mayores de lo que se enfrentaran en es ensamble de la pinza.

Pieza 67



Arandela M6 ISO 7089

Diseño

Pieza disponible en el mercado. Tornillería

Funciones

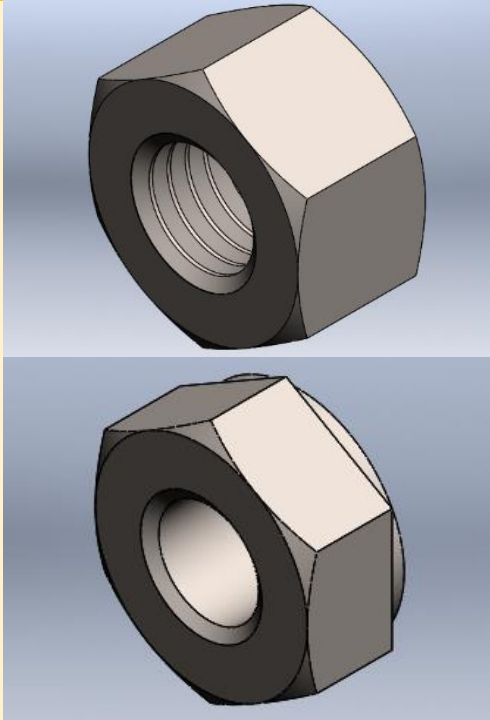
Sirve para asegurar una sujeción uniforme en las uniones y previene el aflojamiento de la fijación debido a vibraciones. También funciona como espaciador, de resorte, dispositivo indicador de precarga y como dispositivo de seguro.

Localización

Por todo el ensamble

Cálculos/Análisis

No necesarios. Pieza normalizada diseñada por el fabricante.

Pieza 68**Tuerca M6 / M4 - ISO4034 / ISO4032****Diseño**

Pieza disponible en el mercado. Tornillería.

Funciones

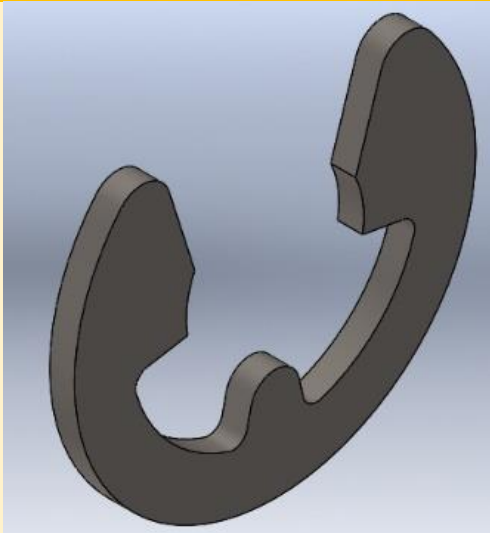
Tuerca de unión usada como tuerca estándar en todo el ensamblaje de la pinza.

Localización

Enroscada en tornillo M6 y M4

Cálculos/Análisis

Pieza que garantiza antes el fallo del tornillo que de la tuerca. Cálculos no necesarios.

Pieza 69**Anillo de retención - 5mm DIN6679****Diseño**

Pieza disponible en el mercado

Funciones

Mantener unidos las barras y el ensamblaje sin que le conjunto se desmonte. Su instalación es fácil y su comportamiento fiable.

Localización

Montados en barras deslizadoras

Cálculos/Análisis

No necesarios. Pieza normalizada diseñada por el fabricante.

Pieza 70



Diámetro Externo (Do) (mm)	8.999
Diámetro del Alambre (d) (mm)	1.001
Longitud Libre (L) (mm)	40.500
Altura Sólida, Aproximada (mm)	14.501
Índice de carga (N/mm)	1.590
Longitud de Carga (L1) (mm)	19.901
Carga a L1 (N)	33.14
Material	MW
Especificación de material	DIN-17223 or EN-10270-1 or JIS-G4314 SWP-A/B or AMS-5112
Peso del Envío (kg)	0.031014
Altura del Envío (mm)	8.999

Resortes taladro

Diseño

Pieza disponible en el mercado

Funciones

Asegurar el amortiguamiento de las barras deslizadoras.

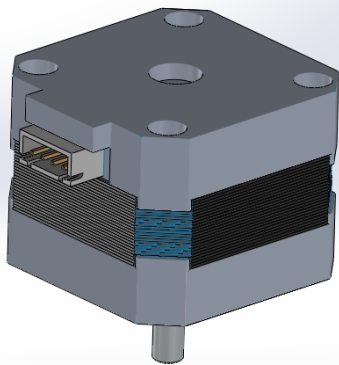
Localización

Instaladas sobre las barras deslizadoras

Cálculos/Análisis

Cargas de compresión. Según las necesidades del trabajo la pieza puede ser sustituida con otra. Según el constante de compresión del resorte se pueden colocar otras variantes del este tipo.

Pieza 71



INTERNAL STRUCTURE



Motor paso a paso

JLB stepper motor 17HS1352-P4130

Diseño

Pieza disponible en el mercado

Funciones

Actuador/Motor que gira con velocidad controlada mediante señales eléctricas y además un control de par motor.

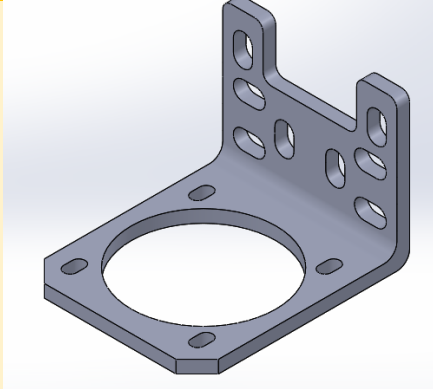
Localización

Parte inferior del taladro. Colocado al base motor

Cálculos/Análisis

Las características del motor vienen dadas por el fabricante donde se pueden ver sus propiedades como; velocidad de giro, par motor, precisión, dimensiones, etc.

Pieza 72

**Base motor****Diseño**

Pieza disponible en el mercado

Funciones

Pieza que sirve de fijación del motor paso a paso. Su forma asegura una fijación segura mediante 4 tornillos

Localización

Parte inferior del taladro

Cálculos/Análisis

Pieza fabricada por el fabricante de acero

Pieza 73

**Acople aluminio****Diseño**

Pieza disponible en el mercado

Funciones

Conectar el eje del motor con el adaptador universal y absorber las posibles desalineaciones que puede haber. Dispone de 4 tornillos prisioneros que bloquean los ejes de salida y entrada e impedirían que el ensamblaje se desmonte. Su diseño permite un margen de tolerancia adecuado para proteger el ensamblaje que colisiones brutas que puede haber durante el funcionamiento del robot.

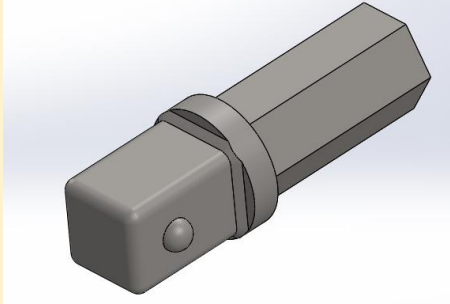
Localización

Parte inferior del taladro

Cálculos/Análisis

Pieza expuesta a torsión. El par motor del motor paso a paso no sobrepasa la torsión máxima de la pieza con lo que la pieza no fallara.

Pieza 74



Adaptador Universal

Diseño

Pieza disponible en el mercado

Funciones

Adaptador que permite la colocación de gran variedad de herramientas intercambiables. Gracias a la bola de bloqueo el cambio de herramientas se consigue con facilidad y rapidez.

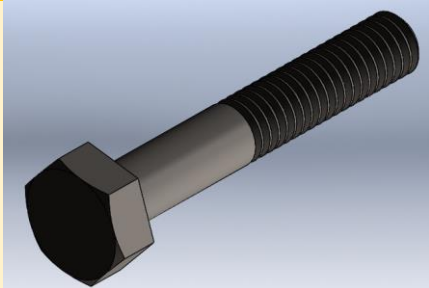
Localización

Parte inferior del taladro

Cálculos/Análisis

Pieza fabricada de cromo-vanadio por fabricante que garantiza su funcionamiento bajo a cargas extremas

Pieza 75



Tornillo M4 ISO 4015

Diseño

Pieza disponible en el mercado. Tornillería.

Funciones

Fijación motor paso a paso y base motor

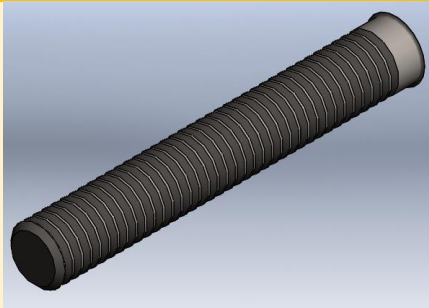
Localización

Parte inferior del taladro

Cálculos/Análisis

No necesarios, los 2 tornillos usados tienen la suficiente sección para aguantar fuerzas muchas mayores de lo que se enfrentaran en es ensamblaje de la pinza.

Pieza 76



Varilla roscada M6 X 40

Diseño

Pieza disponible en el mercado. Tornillería.

Funciones

Forma parte del mecanismo de regulación de apriete mecánico. El movimiento de la turca sobre la varilla hace que deslice linealmente de modo que regule la presión ejercida sobre el resorte del taladro

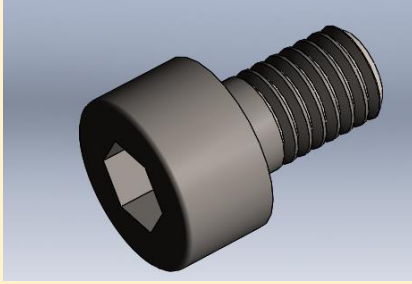
Localización

Parte inferior del taladro

Cálculos/Análisis

Pieza no expuesta a fuerzas que pueden provocar fallo de esta.

Pieza 77

**Tornillo M3 X 8 ISO 4762****Diseño**

Pieza disponible en el mercado. Tornillería.

Funciones

Fijación motor paso a paso al base motor

Localización

Parte inferior del taladro

Cálculos/Análisis

No necesarios, los 2 tornillos usados tienen la suficiente sección para aguantar fuerzas muchas mayores de lo que se enfrentarían en el ensamblaje del taladro .

6 Resultados

Después de obtener el diseño final y haber pasado por el diseño primario de las piezas, mejoras del diseño, análisis y cálculos detallados, así como la impresión de los componentes, se llega a obtener un prototipo totalmente funcional. En esta sección se presenta el prototipo y el funcionamiento de este.

6.1 Validación del funcionamiento del acoplador universal

La misión del acople de acoplar y desacoplar elementos terminales para el robot IRB140 se cumple en su totalidad con un funcionamiento eficaz, preciso, fiable y seguro según los requerimientos establecidos de este trabajo fin de grado. En Figura 58 se visualiza el resultado final de este componente que se colocará en el brazo del robot situado en un laboratorio de las instalaciones de la Universidad de Almería.



Figura 58. Imagen del prototipo del Acople universal

El acople se adapta perfectamente a los elementos terminales del ensayo y hace una buena conexión entre los módulos. Se ha comprobado la correcta conexión bajo desviaciones de hasta 10 mm lineales y de hasta 10° angulares.

En Figura 59 se muestra la conexión Acoplador – Pinza de seis barras. Se confirma que la conexión es estable, fuerte y presenta unas holguras mínimas. En el apartado 7.2 se desarrolla más en detalle las características y el desempeño del prototipo.



Figura 59. Imagen del acople universal acoplado a la pinza de seis barras

Otra prueba que se ha podido poner en marcha es la conexión Acople – Taladro donde también se han obtenido resultados satisfactorios como se puede ver en la Figura 60 y desarrollado en el apartado 7.3.



Figura 60. Imagen del acople universal conectado al taladro

6.1.1 Validación del funcionamiento del mecanismo de la leva

Cumpliendo con los requisitos de este mecanismo que debe de desplazar y retroceder los vástagos a unos 4 mm cada uno de forma automática. En las Figura 61 y Figura 62 se muestran los dos estados del acople; estado de los vástagos en posición libre (en disposición de espera de acoplamiento con el elemento terminal - Figura 62) y estado de los vástagos en disposición de bloqueo (una vez colocado el elemento permanecerá fijo al acople - Figura 61).



Figura 62. Imagen del prototipo del mecanismo de leva en posición libre (elemento terminal desacoplado)



Figura 61. Imagen del prototipo del mecanismo de leva en posición de bloqueo (elemento terminal acoplado)

6.1.2 Interfaz eléctrica

Para la comunicación entre los módulos acoplador - elemento terminal se requiere una conexión eléctrica que permita establecer la comunicación entre ambos módulos, así como proveer de energía al elemento terminal. Este es uno de los resultados donde no se ha podido realizar según los diseños establecidos inicialmente debido a la falta del material de los conectores eléctricos. Para la puesta en marcha de las pruebas se han usado pines de contacto simples que se pueden visualizar en la Figura 63.

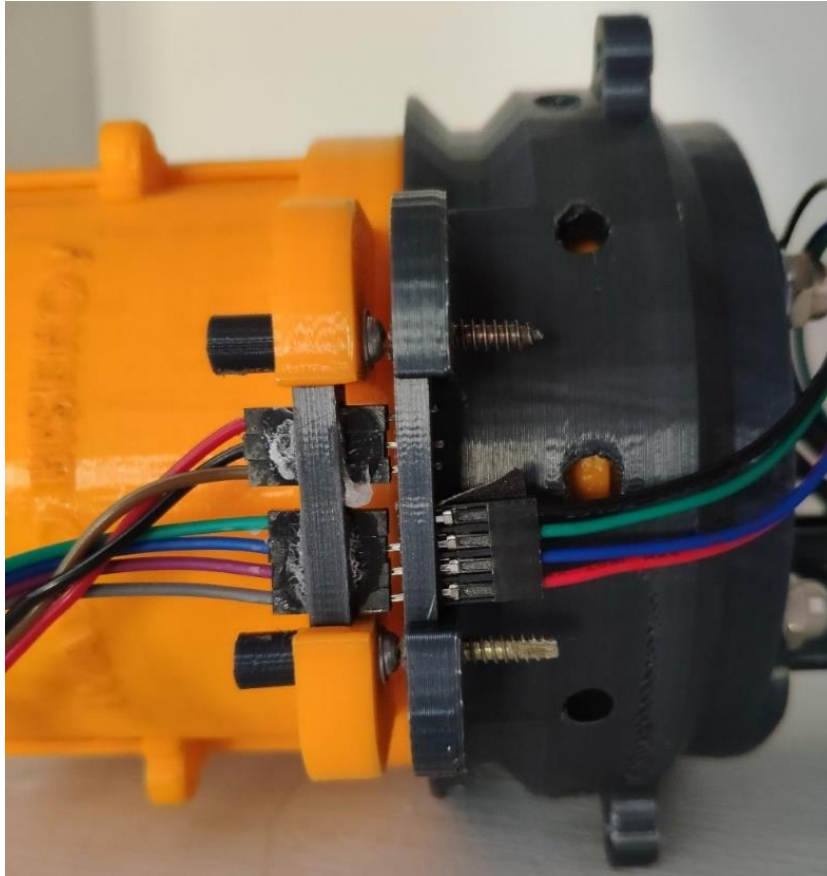


Figura 63. Imagen de la conexión eléctrica provisional del acople - elemento terminal

6.2 Validación del funcionamiento de elemento terminal: Pinza de seis barras.

A pesar de la complejidad del mecanismo de seis barras, la pinza funciona bastante bien y cumple con que requisitos del diseño propuestos. En la Figura 64 se muestra el resultado final obtenido.



Figura 64. Imagen de la pinza de seis barras

6.2.1 Validación del funcionamiento del mecanismo de tren de engranajes

El mecanismo de tren de engranajes según el diseño debe de garantizar un movimiento del mecanismo de seis barras totalmente simétrico y sincronizado. El tren de engranajes de 3 ruedas se ubica en el interior de la pinza haciendo un acceso difícil a los elementos externos que puedan estar presentes accidentalmente. En el apartado de simulaciones, los engranajes no se han sometido a un estudio de fatiga, estática o fuerzas de contacto ya que son elementos estandarizados. Si estos elementos presentan algunos problemas de deformación o fatiga futuros la única solución es la sustitución de los engranajes por otros de distinto material de fabricación, como puede ser acero.

6.2.2 Validación del funcionamiento del mecanismo de seis barras

El mecanismo en el que se basa el diseño de la pinza convierte el movimiento rotativo de los engranajes a movimiento lineal de los dedos de agarre. Según las condiciones propuestas de diseño la pinza debe de poder trabajar con objetos de hasta 100mm y un peso operativo de 2kg. En la Figura 65 se observa el valor máximo de apertura de la pinza.



Figura 65. Imagen de comprobación de los resultados de diseño de apertura máxima de la pinza de seis barras

6.2.3 Validación del funcionamiento del mecanismo excéntrico de adaptación de agarre y protección frente a sobrecarga

Otro mecanismo que se integró en el diseño fue una especie de amortiguador que permite que la pinza se adapte mejor para conseguir el agarre de la pieza. El mecanismo hace torcer los dedos según la forma de la pieza y permite obtener un apriete constante sin que la pieza se suelte. Esto se muestra en la Figura 66.



Figura 66. Imagen de la pinza de seis barras y la característica de agarre adaptativo

Cuando la pinza agarra un objeto se transmiten fuerzas por todo el mecanismo. La existencia de esfuerzos sobre la barra excéntrica de la Figura 67 hace que la barra se desplace, por superar estas las fuerzas de la arandela cónica, que intenta centrar la barra debido a la tensión aplicada por el resorte. Una vez suelto el objeto, la barra vuelve a su posición centrada por la inexistencia de fuerzas que actúen sobre ella. Ver Figura 68.



Figura 67. Imagen del mecanismo excéntrico en posición centrada

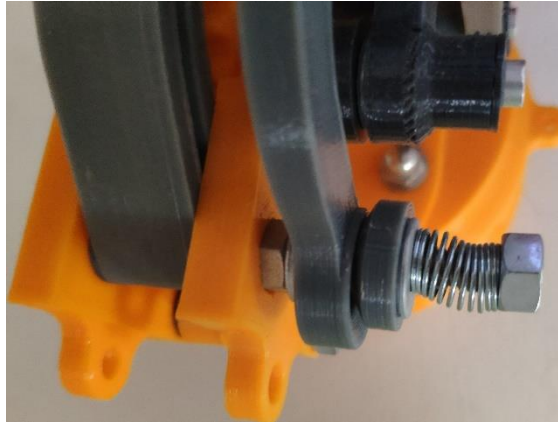


Figura 68. Imagen del mecanismo excéntrico en posición descentrada

6.3 Validación del funcionamiento de elemento terminal. Taladro

El segundo elemento terminal para el que se realizó tanto el diseño de un prototipo como la fabricación del mismo fue el taladro. En la Figura 69 se puede visualizar la estructura de este.



Figura 69. Imagen del prototipo del elemento terminal – Taladro

Se comprobó la conexión mecánica y eléctrica con el acople y se hicieron pruebas de desatornillado con distintas herramientas como: destornillador estrella y llave de vaso.

6.4 Evaluación del desempeño y plan de mantenimiento

Después de la comprobación de todos los elementos que forman parte del prototipo se ha confirmado el cumplimiento de los objetivos y los requisitos generales propuestos inicialmente. Debe de mencionarse que a largo plazo deben de observarse futuros problemas que pueden surgir ya que los materiales de construcción del prototipo no son los mejores posibles. El material de PLA usado para impresión de las piezas puede presentar desgastes superficiales a largo plazo. Se debe de tener en cuenta que en este trabajo se ha desarrollado un prototipo experimental para finalidades educativas con conceptos aplicables en la industria.

En el mundo de la ingeniería y la industria el mantenimiento es un proceso importante para mantener o reparar una unidad funcional de forma que esta pueda cumplir sus funciones. El prototipo diseñado en este trabajo requiere unos mantenimientos básicos que deben de efectuarse periódicamente. Una de las tareas principales es el engrase de algunos componentes que están expuestos a fricción constantemente. Se puede observar una de las zonas más críticas en la Figura 70.

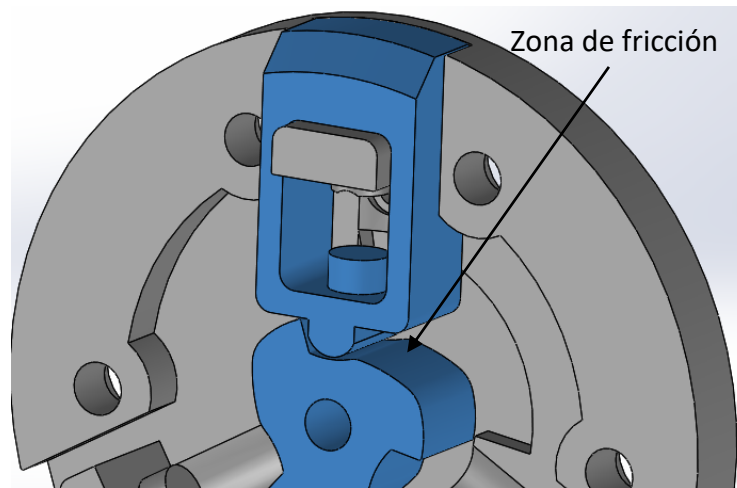


Figura 70. Imagen de la zona de fricción entre la leva y el vástago.

Las tareas de mantenimiento incluyen:

- Engrase del mecanismo de leva en el interior del acople cada año (más o menos frecuente según las condiciones del entorno, los usos y las propiedades de la grasa usada)
- Engrase del mecanismo de tren de engranajes cada año (más o menos frecuente según las condiciones del entorno, los usos y las propiedades de la grasa usada)
- Engrase de los ejes del mecanismo de seis barras cada año (más o menos frecuente según las condiciones del entorno, los usos y las propiedades de la grasa usada)
- Engrase del mecanismo excéntrico de adaptación de agarre cada año (más o menos frecuente según las condiciones del entorno, los usos y las propiedades de la grasa usada)
- Engrasar las barras deslizadoras del taladro cada mes. (más o menos frecuente según las condiciones del entorno, los usos y las propiedades de la grasa usada).

- Inspección del estado de todos los componentes de tornillería y montaje (comprobar posibles desaprietes o anillos de retención mal colocados).
- Inspección del cableado (visualizar posibles cortocircuitos).

7 Conclusiones y trabajos futuros

Al inicio de este TFG se fijó el objetivo del diseño mecánico de un sistema de efectores finales intercambiables de manera automática con distintas funciones cada uno para el robot IRB 140 de ABB disponible en el laboratorio de la Universidad de Almería. La idea general es la integración del diseño ejecutado en este trabajo al brazo robótico. Un prototipo funcional ayudará a la docencia y la implementación de nueva base de docencia y proyectos que permitan a alumnos e investigadores de la universidad de Almería adquirir nuevos conocimientos sobre el mundo de la robótica y la automatización industrial.

Tras la realización de este trabajo, se puede concluir que se ha logrado el objetivo principal perseguido y se ha llegado a la puesta en marcha de un prototipo totalmente funcional. Además, los diseños se han validado gracias a la creación de tres modelos físicos de los diseños planteados; un acople universal y dos elementos terminales. El acople hace la tarea de acoplamiento con uno de los elementos terminales y a través del mecanismo de leva integrado en el diseño, permite hacer la conexión estable y segura, según los objetivos del diseño. Ver Figura 71.

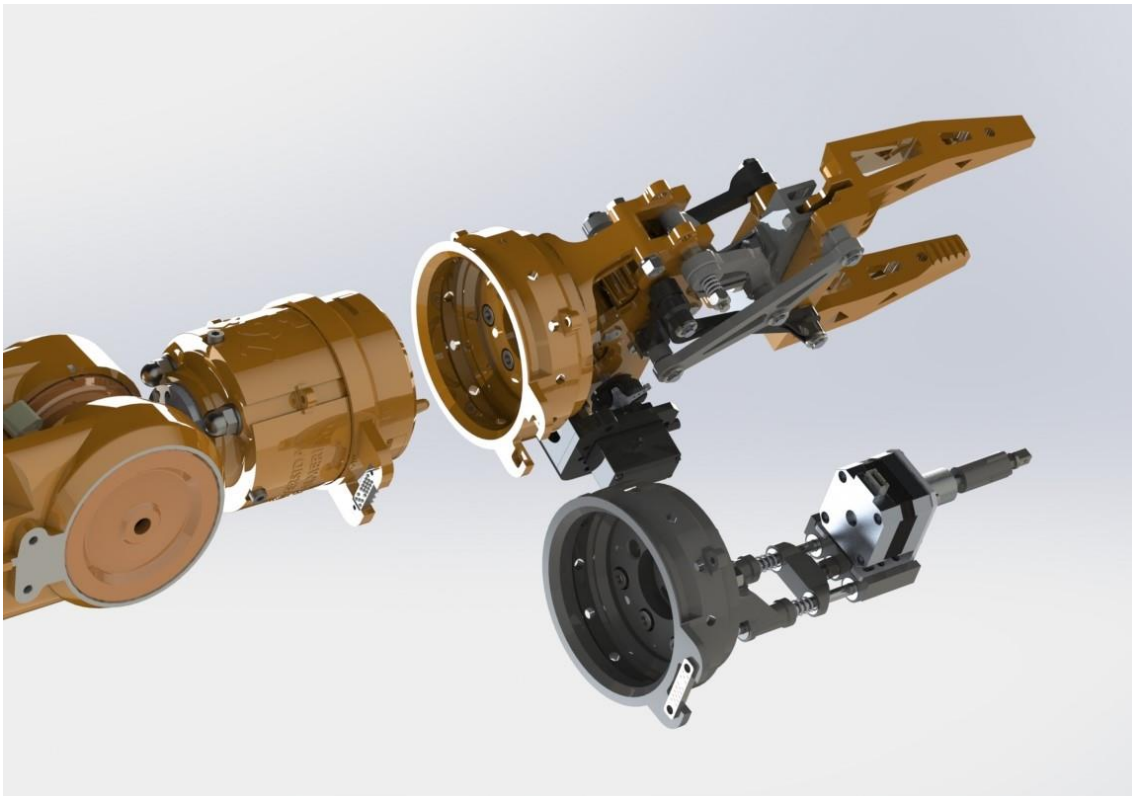


Figura 71. Imagen de los tres módulos realizados en el proyecto; Acople universal, Pinza de seis barras y Taladro

La pinza de seis barras es uno de los elementos terminales estudiados en el proyecto. Los objetivos propuestos para este módulo eran obtener un agarre flexible y adaptativo que permita que los dedos se adapten a la forma del objeto a manipular. El producto de este TFG permitirá ampliar las capacidades del robot del laboratorio aumentando su campo de aplicación así como sus capacidades, mejorando así las instalaciones de la

universidad y aumentando la utilidad de un dispositivo que supuso una gran inversión de manera muy económica.

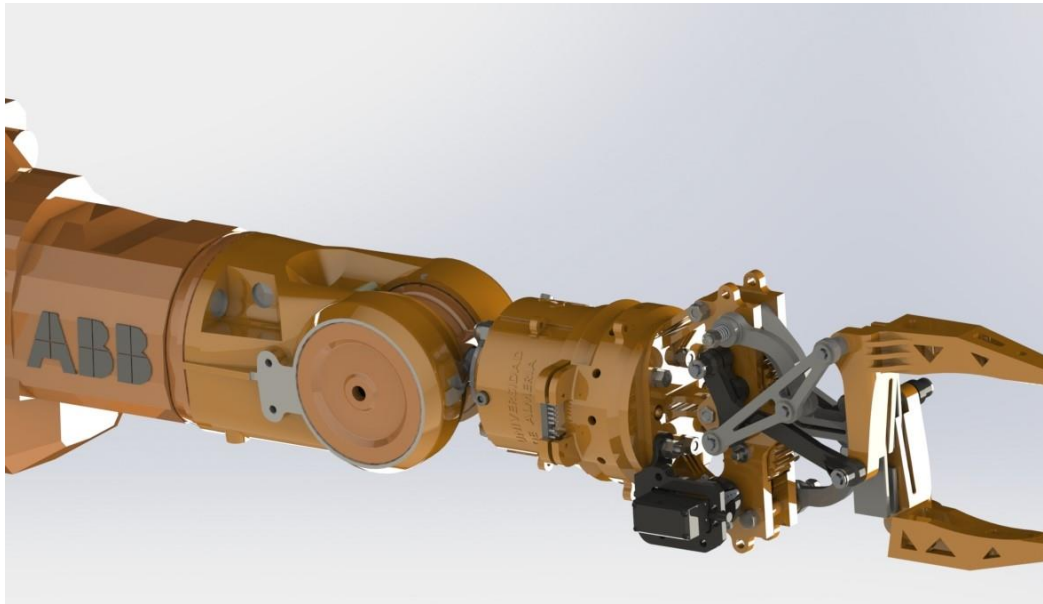


Figura 72. Imagen del robot IRB 140 con la pinza de seis barras integrada

El otro elemento terminal que se llevó a cabo fue el taladro con adaptador universal que permite el uso de una amplia gama de herramientas usadas en la ingeniería y la industria. Ver Figura 73.

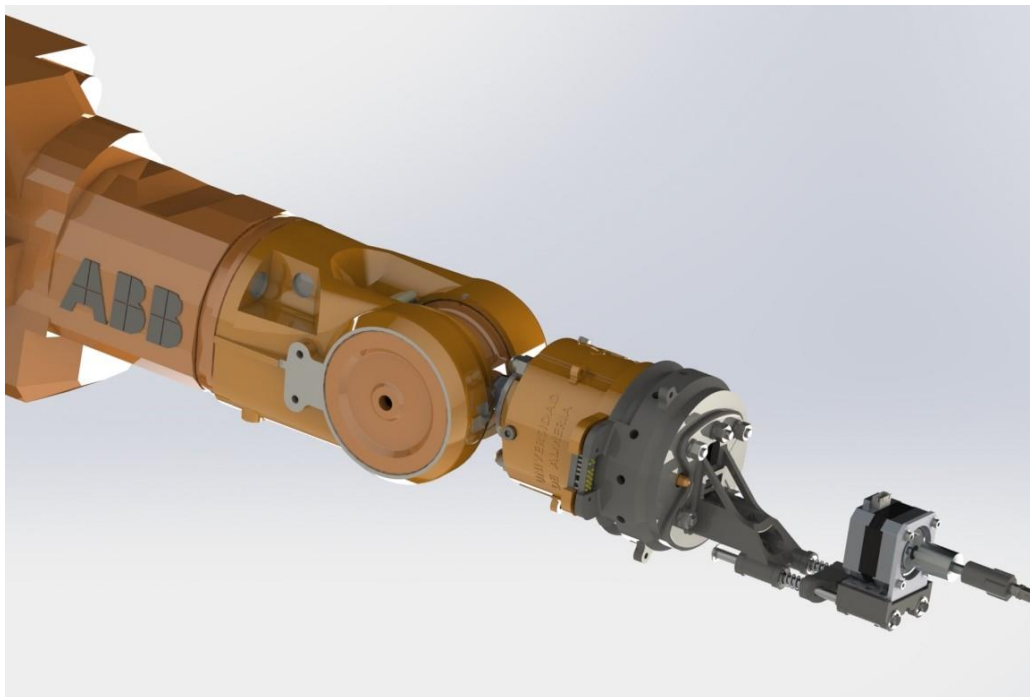


Figura 73. Imagen del taladro acoplado al robot Industrial IRB140

El prototipo final de este trabajo fin de grado fue presentado en el evento internacional *de La noche europea de los investigadores*, que tuvo como una de sus sedes Almería en

el año 2021. Allí se pudo demostrar el funcionamiento y las finalidades del diseño. *La Noche Europea de los Investigadores* es un proyecto europeo de divulgación científica promovido desde 2005 por la Comisión Europea dentro de las acciones Marie Skłodowska-Curie del programa Horizonte 2020, que tiene lugar simultáneamente en más de 371 ciudades europeas de más de 30 países [9]. Cabe destacar la considerable aceptación del prototipo recibida por los participantes y la robustez que demostró a pesar de las pruebas realizadas a lo largo de todo el evento.

En cuanto a las conclusiones económicas se puede decir que el coste de productos comerciales similares al prototipo diseñado en este trabajo varía mucho según los requisitos y las finalidades a que se dedica el equipo. El precio de algunos cambiadores automáticos incluyendo sus elementos terminales dedicados a la industria de automatización u otros de este tipo pueden llegar a ser muy costosos ya que los requisitos de seguridad, precisión y velocidad son muy estrictos. El presupuesto del coste total del prototipo desarrollado en el trabajo viene en el documento de Mediciones y presupuestos donde detalladamente se especifican todos los costes del proyecto. Se puede concluir que el mayor coste del prototipo construido en este proyecto es el diseño ya que supone más de 70% del coste total. Se debe de incluir también en este apartado que el diseño de este trabajo ha sido orientado al desarrollo de un prototipo experimental para finalidades de investigaciones o estudios y no a la fabricación en grandes lotes.

Como trabajos futuros se proponen la realización de nuevos elementos terminales compatibles con el acople desarrollado, que puedan abarcar distintos ámbitos de la industria; como herramientas de mecanizado, sensores, ventosas, terminales para soldadura y pintura, etc. Así podría existir el potencial de obtener una célula robótica como la mostrada en la Figura 74.

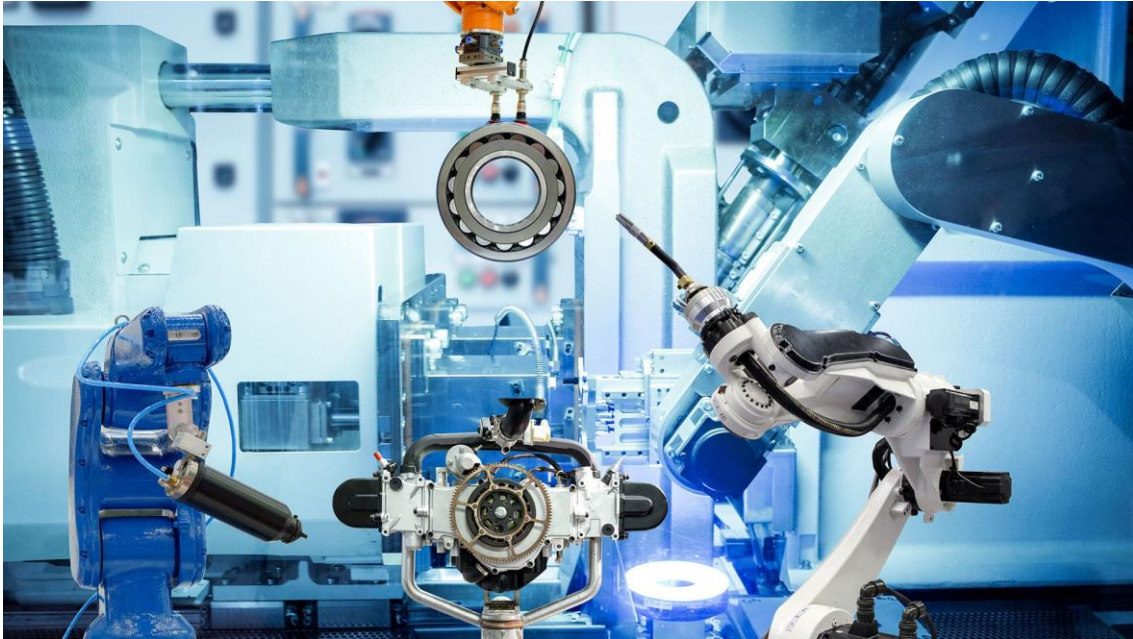


Figura 74. Ejemplo de uso de distintos elementos terminales de INTEL.[10]

Además de la creación de nuevas herramientas que pueden adaptarse al acoplador y el brazo del IRB140, el acoplador universal se ha diseñado previendo el posible desarrollo de las capacidades del robot mediante módulos externos y, por tanto, se ha diseñado permitiendo la colocación de nuevos módulos acoplables sobre su estructura, (ver Figura 75).

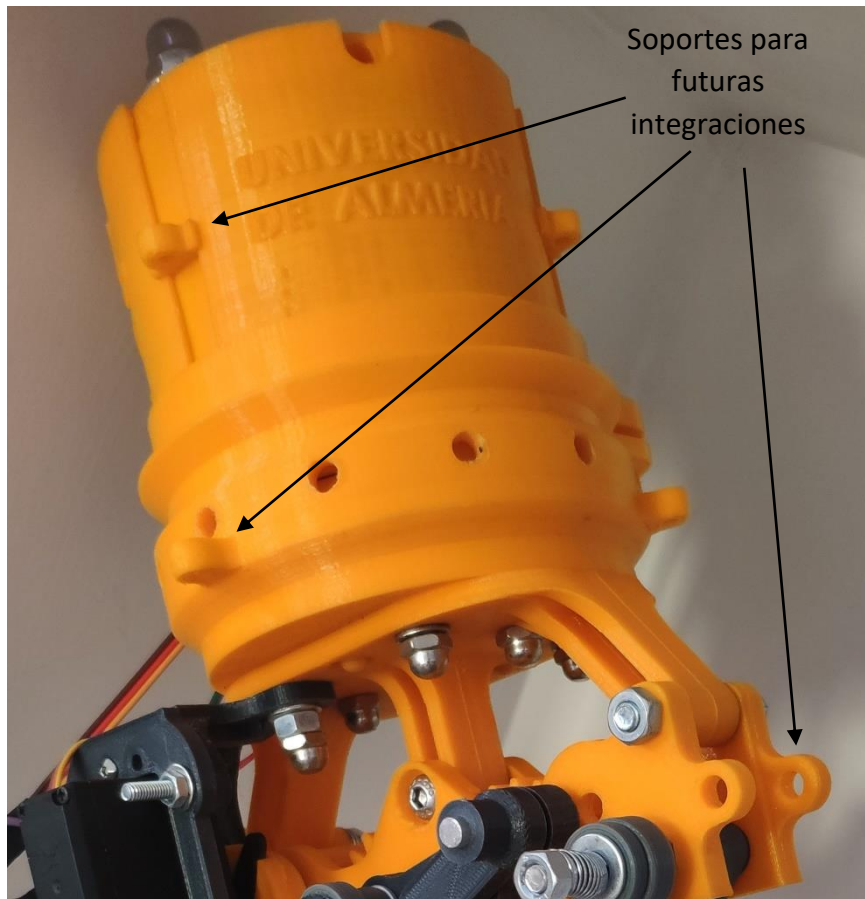


Figura 75. Soportes para futuras integraciones

Los soportes permiten la instalación de nuevas integraciones como baterías, sensores de aproximación, protecciones mecánicas, etc.

La colocación de sensores de aproximación sobre el acople podría ser una idea de mejora sobre el diseño que permitirá la programación a un nivel de seguridad y precisión mucho más altos que los actuales. Otro sensor que podría ser útil para el acople sería un tipo detector de comprobación que el proceso de acoplamiento se ha realizado correctamente.

Otras ideas de mejora es el diseño de una interfaz eléctrica mejorada para ofrecer una conexión eléctrica que pueda funcionar bajo condiciones de trabajo que exijan requisitos especiales como: medio de ambiente húmedo o poluto, medio de trabajo donde se trabaja con materiales inflamables y los arcos eléctricos son peligrosos, etc.

8 Bibliografía

- [1] IFR, «IFR presents World Robotics 2021 reports», *IFR International Federation of Robotics*. <https://ifr.org/ifr-press-releases/news/robot-sales-rise-again> (accedido 14 de enero de 2022).
- [2] IFR, «Robot Density nearly Doubled globally», *IFR International Federation of Robotics*. <https://ifr.org/ifr-press-releases/news/robot-density-nearly-doubled-globally> (accedido 18 de enero de 2022).
- [3] «Objetivos y Competencias - Grado en Ingeniería Mecánica (Plan 2010) - Universidad de Almería». <https://www.ual.es/estudios/grados/presentacion/objetivos/2910> (accedido 26 de enero de 2022).
- [4] «Automatic tool changer», *Wikipedia*. 9 de febrero de 2021. Accedido: 16 de enero de 2022. [En línea]. Disponible en: https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Automatic_tool_changer&oldid=1005829177
- [5] M. L. Gloden, L. A. Odham, y M. D. Bordeaux, «Robotic tool changer», US8005570B2, 23 de agosto de 2011 Accedido: 26 de enero de 2022. [En línea]. Disponible en: <https://patents.google.com/patent/US8005570B2/en>
- [6] A. Strotzer, «Power Control of a Robotic Tool Changer», US20120277080A1, 1 de noviembre de 2012 Accedido: 26 de enero de 2022. [En línea]. Disponible en: <https://patents.google.com/patent/US20120277080/en>
- [7] «Manual del producto - IRB 140».
- [8] «Six-bar gripper with fine adjustment | Mechanical Design 101». <https://mechanicaldesign101.com/2012/08/19/six-bar-gripper-with-fine-adjustment/> (accedido 18 de enero de 2022).
- [9] «Allnet Anycubic I3 Mega S Guía del usuario | Manualzz», *manualzz.com*. <https://manualzz.com/doc/54419315/allnet-anycubic-i3-mega-s-guía-del-usuario> (accedido 17 de enero de 2022).
- [10] «UALjoven.Noche Europea de Los Investigadores 2021 Almería». <http://www.ualjoven.ual.es/index.php/actividades/68-noche-europea-de-los-investigadores-2021-ualjoven> (accedido 17 de enero de 2022).
- [11] «Intel | Data Center Solutions, IoT, and PC Innovation», *Intel*. <https://www.intel.com/content/www/us/en/homepage.html> (accedido 17 de enero de 2022).
- [12] «¿Cuánto cuesta un diseño 3D?», *Zaask*. <https://www.zaask.es/cuanto-cuesta/disenio-3d> (accedido 18 de enero de 2022).
- [13] Roams, «¿Cuál es el precio de la luz hoy en España? | Enero 2022», *Roams*. <https://energia.roams.es/luz/precio-luz> (accedido 18 de enero de 2022).

9 Anexo 1- Cálculos

En este Anexo se exponen los desarrollos teóricos que han permitido dimensionar y optimizar los distintos mecanismos.

9.1 Cálculos Acoplador

Es estudio se centra en el cálculo de mecanismo de la leva-vástago y se calcularan y analizaran el desplazamiento del vástago y el par de giro de la leva teniendo en cuenta todos los factores externos que intervienen.

9.1.1 Caculos mecanismo de leva

La forma geométrica de la leva se ha hecho compacta para los requisitos del diseño con lo que la trayectoria es que sigue el perfil es complicada con varios tramos y puntos de inflexión Figura 76.

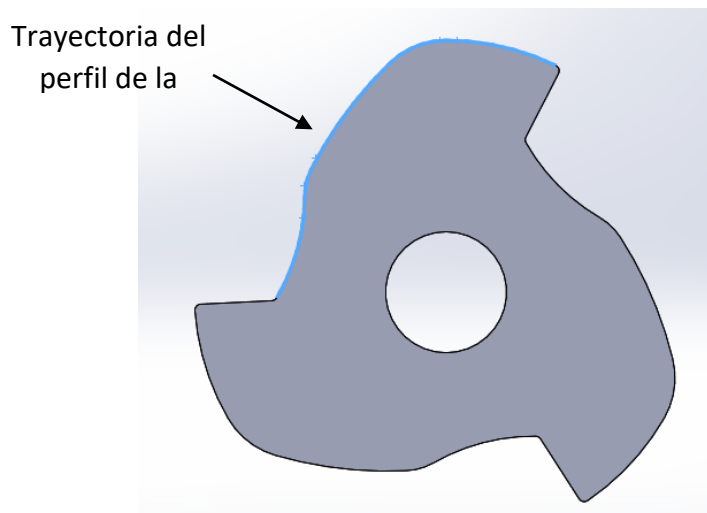


Figura 76. Imagen de vista de perfil de la leva

La forma de la leva y los distintos factores que influyen harán el cálculo analítico complejo para obtener unos resultados válidos, con lo que se usará uno de los complementos del SolidWorks; SolidWorks Motion Figura 77, que permite un análisis de movimiento detallado.

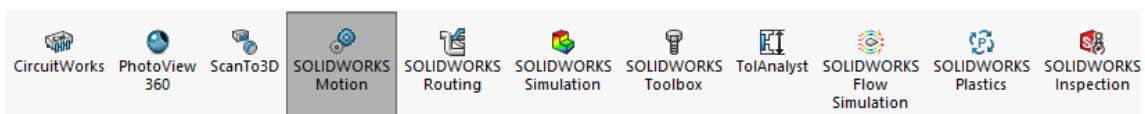


Figura 77. Barra de complementos de SolidWorks

El acople debe garantizar su correcto funcionamiento de todos los componentes que lo forman parte el. Uno de los mecanismos más importantes a dimensionar es el mecanismo de la leva que según se ha mencionado en los apartados anteriores debe de transmitir un movimiento lineal al vástago/seguidor de unos 4mm de magnitud longitudinal. Figura 78

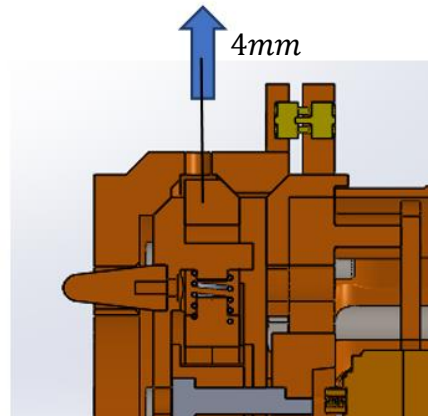


Figura 78. Vista de corte del Acople

La trayectoria de la leva tiene su punto más alejado del centro perteneciendo a la circunferencia de diámetro de 25mm y el punto más cercano al centro contenido en la circunferencia de 15mm. Figura 87.

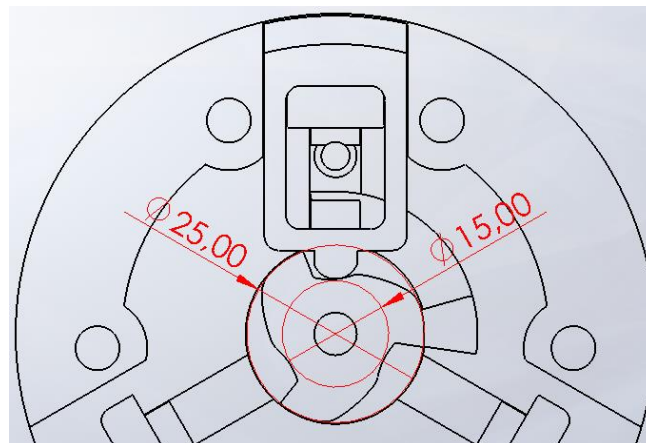


Figura 79. Imagen del mecanismo de leva

Lo que hace una diferencia de 5mm entre los radios de las circunferencias.

A la hora de diseñar un mecanismo de leva es aconsejable seguir unas recomendaciones que se han sido probadas y demostradas por estudios ya realizados.

En ángulo de presión ϕ no debe de ser más de 30° par los seguidores de traslación en toda su trayectoria. El ángulo máximo que llega a tener el mecanismo de lleva en el diseño del acople llega a tener un valor por debajo de 25° con lo que cumple el requisito una transición del vástago adecuada. Figura 80.

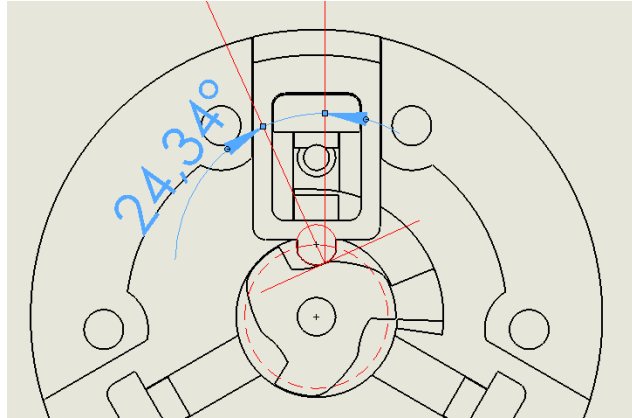


Figura 80. Ángulo de presión máximo

Otra recomendación para el diseño de una leva es la trayectoria adecuada. La trayectoria debe de ser continua en todo el recorrido de contacto con el seguidor sin existencia de saltos e interrupciones. Para levas de giro completo en toda la trayectoria de la leva que no es el caso. La leva del acople gira solamente unos 90 grados y retrocede para cumplir el ciclo de cierre apertura del acople.

Diagramas de desplazamiento

El diagrama de desplazamiento muestra el avance del seguidor según las posiciones de la leva. Figura 81.



Figura 81. Gráfica de diagrama de desplazamiento

Existen tres fases de desplazamiento; Elevación detención y descenso. Figura 81.

El software de SolidWorks nos permite averiguar los diagramas de desplazamiento permitiendo mostrar la posición, velocidad y aceleración del seguidor en relación del tiempo.

Para la obtención de los diagramas de desplazamiento se necesita saber la velocidad de giro del servomotor que según nos indica el fabricante es de $60^\circ/0.2\text{seg.}$ (tarda 0.2 segundos en girar 60 grados).

Expresado en radianes:

$$60^{\circ}/0.2\text{seg} = \frac{\pi}{3}\text{rad}}{0.2\text{seg}} = \frac{5\pi}{3}\text{rad/s}$$

Pasando a revoluciones por minuto:

$$\frac{5\pi}{3}\text{rad/s} * \frac{60}{2\pi} = 50\text{rpm}$$

Siendo que la velocidad de giro del servo de $60^{\circ}/0.2\text{seg}$ y que para la apertura o el cierre son necesarios 90 grados de giro significa que el mecanismo tardara unos 0.3 segundos en cerrar o soltar la herramienta.

Otros parámetros para tener en cuenta son:

Motor

-esta aplicado sobre la leva Figura 82

-velocidad de giro constante, $\omega = 50\text{rpm}$

Ver Figura 82.

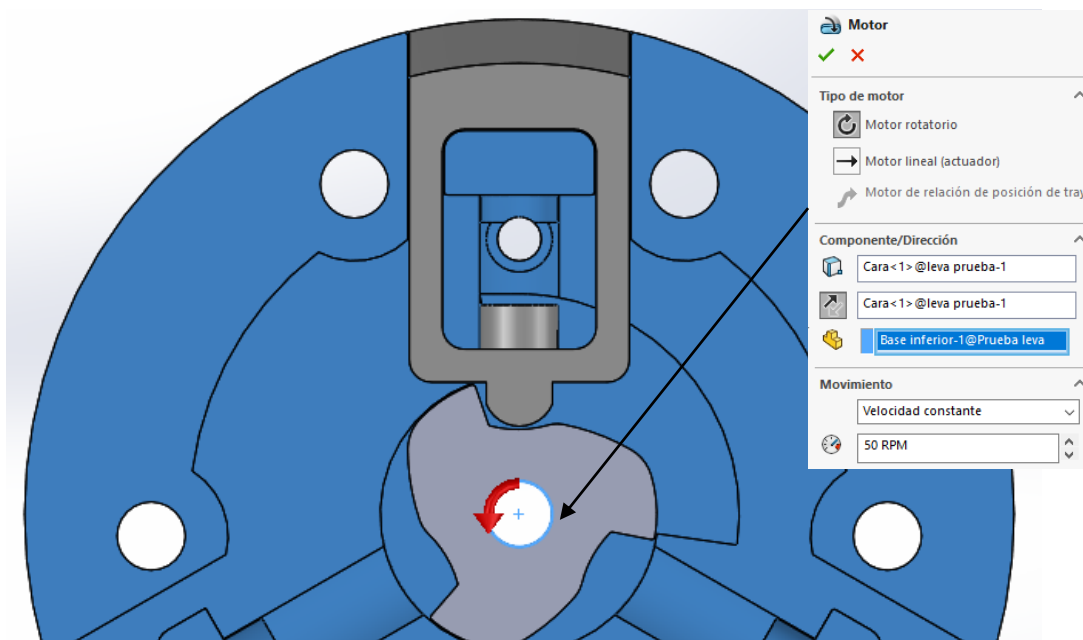


Figura 82. Parámetros de velocidad y sentido de giro del servomotor en SolidWorks Motion

Contactos

-Contacto solido entre el vástago, la leva y la base inferior

-material: acero, para evitar deformaciones y posibles fallos durante el análisis de ha elegido el acero ya que presenta deformaciones prácticamente nulas para las necesidades del análisis,

-friccion: $\mu_k = 0.25$; sin lubricar para hacer el analisis mas restrictivo. Figura 83

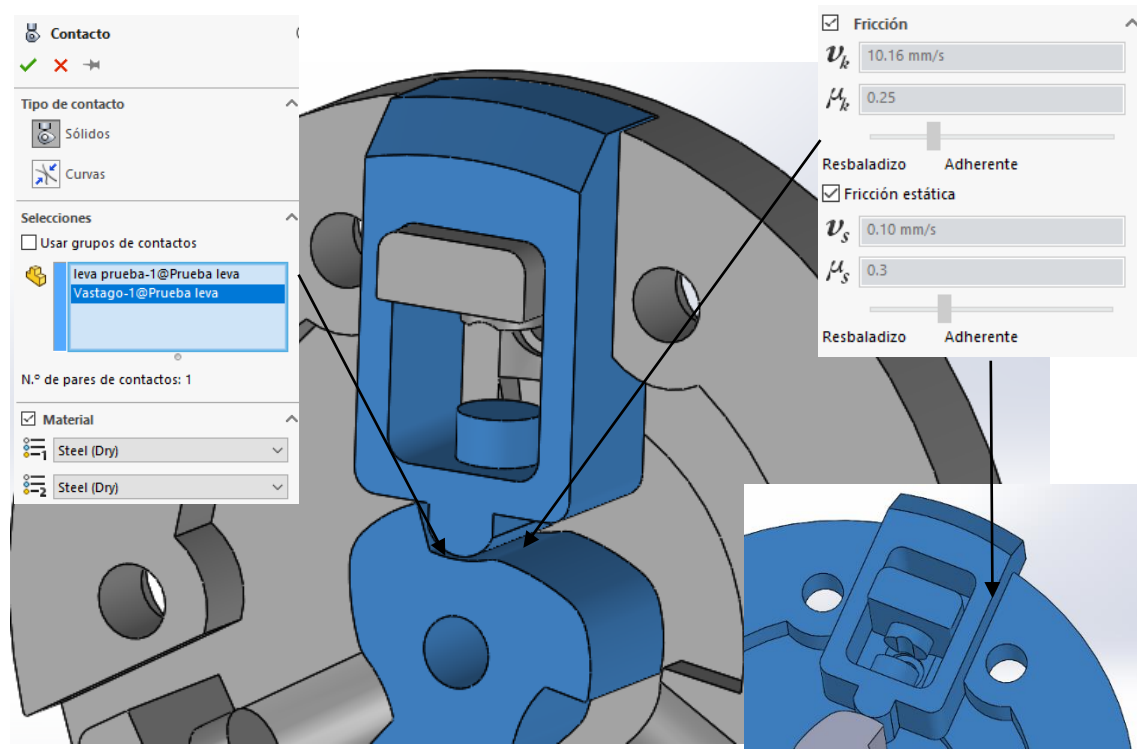


Figura 83 .Parámetros de contacto entre vástago y leva en SolidWorks Motion

Resorte

- resorte de compresión
- coeficiente de compresión $k = 1.2\text{N/mm}$
- sistema lineal
- longitud $L_0 = 20\text{mm}$ sin comprimir.Figura 84

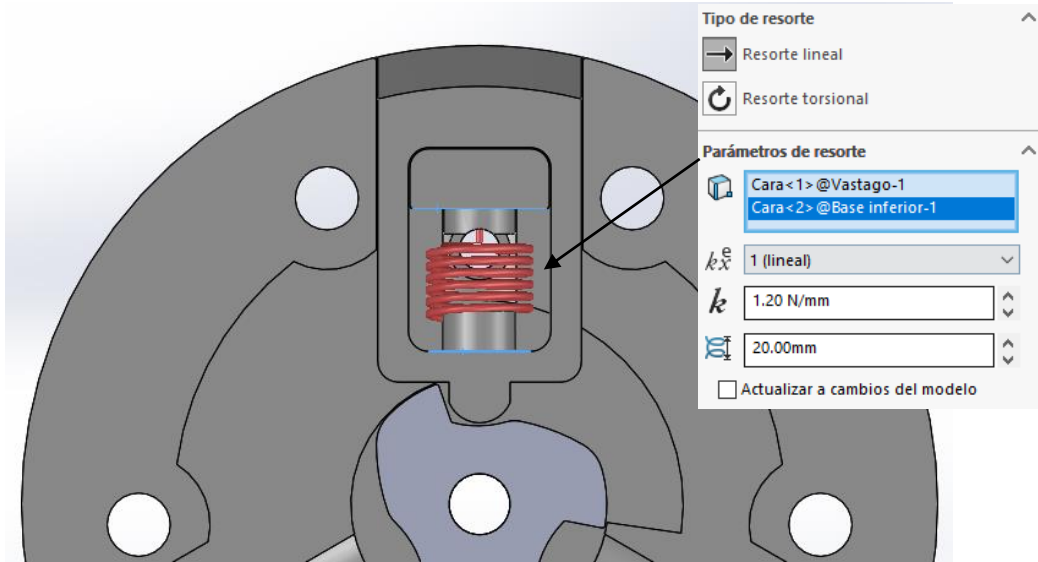


Figura 84. Parámetros del resorte en SolidWorks Motion

Los resultados del análisis del desplazamiento del seguidor/vástago y el par motor de la leva frente al tiempo representados en el intervalo del menos del tercio del segundo vienen representadas a continuación.

9.1.2 Diagramas de desplazamiento

Diagramas del desplazamiento lineal del mecanismo de la leva

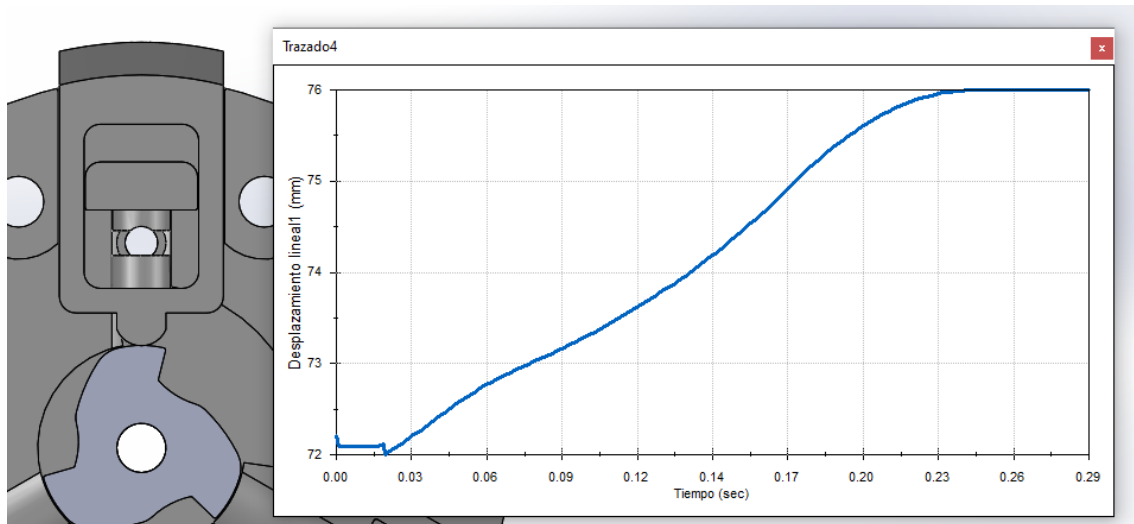


Figura 85. Diagrama de desplazamiento lineal del vástago frente al tiempo

De la gráfica Figura 85 se verifica que el recorrido lineal del vástago es de 4 mm (diferencia entre el valor máximo y mínimo de la gráfica) Se observa que respecto al tiempo este recorrido no sigue un sistema lineal debido a la variación de la geometría de la trayectoria de la leva.

En diagramas de desplazamiento es dirigida por la trayectoria que sigue el seguidor sobre el perfil de la leva. Figura 86. Se puede ver que en la periferia más alejada del centro de la leva este perfil es circular y en este tramo no hay variación de desplazamientos por lo que el vástago se queda en posición de cierre y la herramienta queda bloqueada y segura.

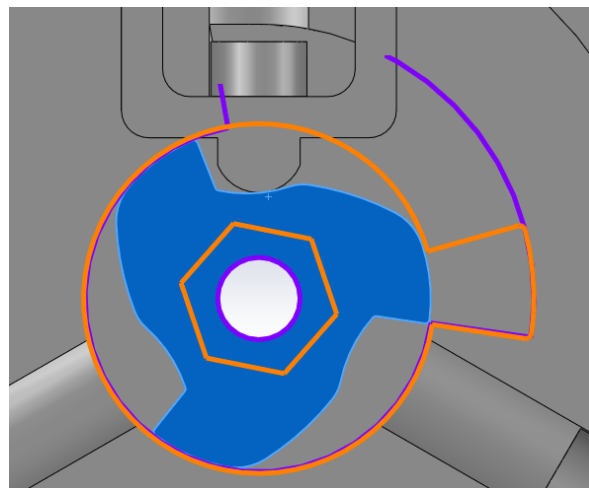


Figura 86. Vista detallada de la leva

9.1.3 Diagramas del par motor

Diagramas del par motor del mecanismo de la leva

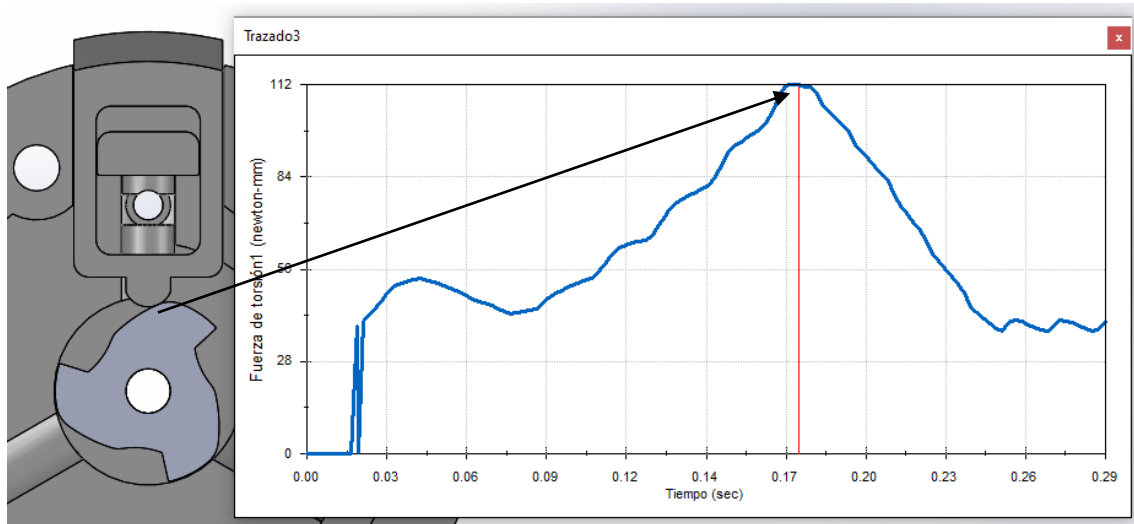


Figura 87. Grafico del par motor de la leva frente al tiempo

Se obtiene un valor máximo de 112Nmm en la posición mostrada en el diagrama de la Figura 87. En esta posición es también cuando se alcanza el ángulo de presión máximo.

La fluctuación inicial que aparece al inicio de la gráfica de la Figura 88. se debe al primer contacto entre la leva y el seguidor

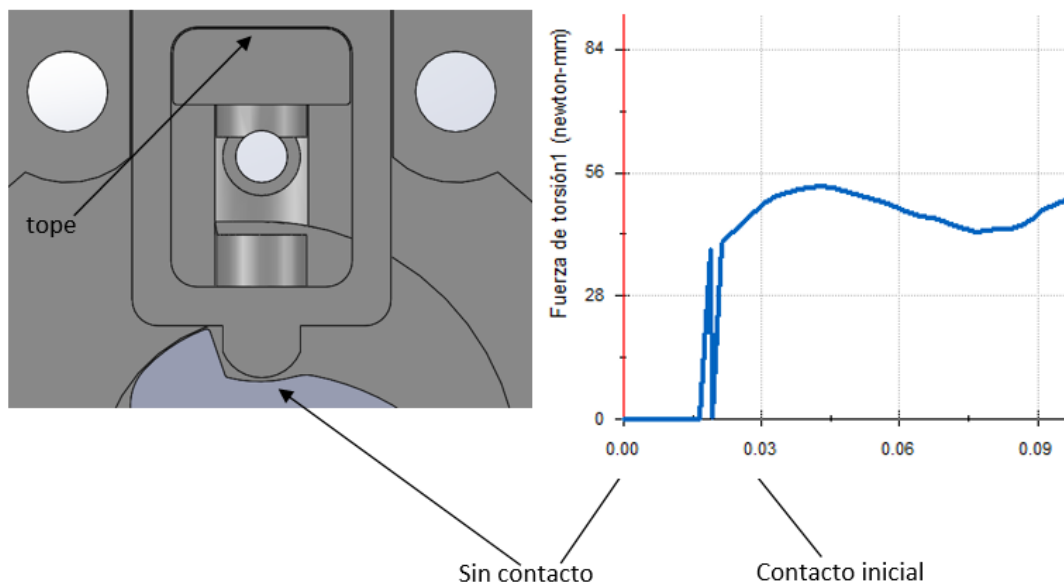


Figura 88. Fluctuación inicial.

Sabiendo el valor del par de giro necesario de la leva para desplazar uno de los vástagos hasta su posición final por simetría del mecanismo se puede calcular el par motor total necesario para desplazar los 3 vástagos.

El par motor total necesario:

$$\tau_{total} = 3 * 112Nmm = 336Nmm * \frac{1m}{1000mm} = 0.336Nm$$

Par motor disponible del servomotor:

11kg.cm – indicado por el fabricante

$$11kg.cm * \frac{9.8N}{1kg} * \frac{1m}{100cm} = 1.1Nm$$

$$Relacion\ par\ motor\ del\ servo\ y\ el\ nesesario = \frac{1.1Nm}{0.336Nm} = 3.3$$

Se confirma que el servomotor es adecuado para el mecanismo ya que su par motor es 3.3 veces mayor que el necesario.

9.2 Cálculos Pinza

9.2.1 Cálculos tren de engranaje

El servomotor tiene un rango de giro de 180° lo que significa que el engranaje motriz girara lo mismo, dado estén conectados por el mismo eje. Los engranajes conducidos giraran solo 90° pero su par se multiplicará por dos. Ver Figura 89.

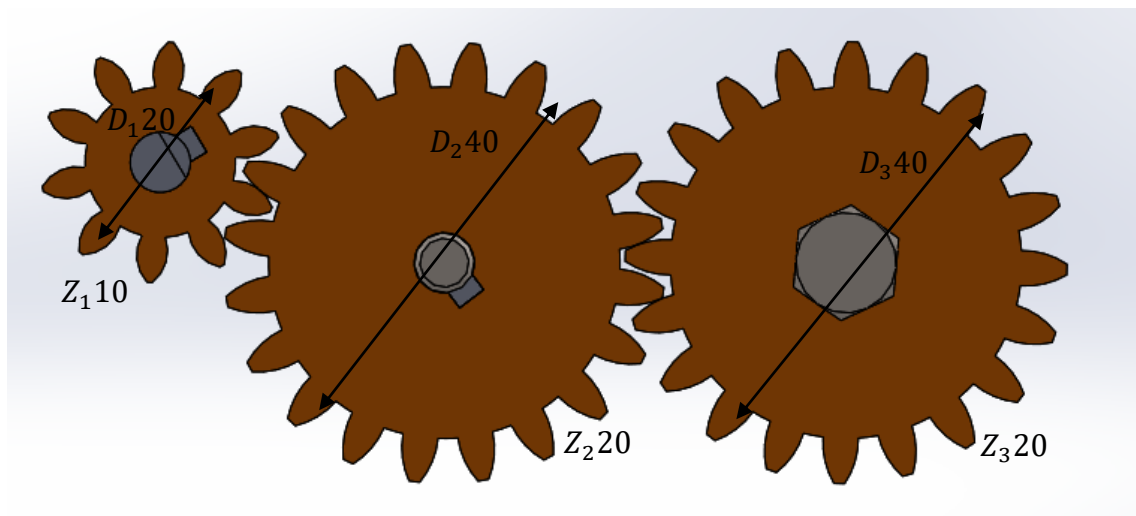


Figura 89. Imagen Tren de engranajes de la Pinza

La relación de transmisión entre Engranaje 1 y 2 se obtiene según la siguiente ecuación (1):

$$(1) \frac{Z_1}{Z_2} = \frac{D_1}{D_2} = \frac{10}{20} = 0.5 = r_{t(1-2)}$$

Aplicamos lo mismo para Engranajes 2 y 3 en ecuación (2):

$$(2) r_{t(2-3)} = \frac{Z_2}{Z_3} = \frac{D_2}{D_3} = \frac{20}{20} = 1$$

Dado que la potencia del servomotor es de 11kg.cm se obtiene el par de los engranajes: Ver ecuación (3).

El Par motor T_1 del engranaje 1 es igual que el del servomotor ya que están conectados con el mismo eje

$$T_1 = 11kg.cm$$

$$(3) \frac{Z_1}{Z_2} = \frac{T_1}{T_2} \rightarrow T_2 = \frac{Z_2 T_1}{Z_1} = \frac{20 * 11kg.cm}{10} = 22kg.cm * \frac{9.8N}{1kg} * \frac{1m}{100cm} = 2.16Nm$$

Conociendo el par motor de los engranajes mayores podemos obtener la fuerza en una posición concreta del mecanismo: Figura 90.

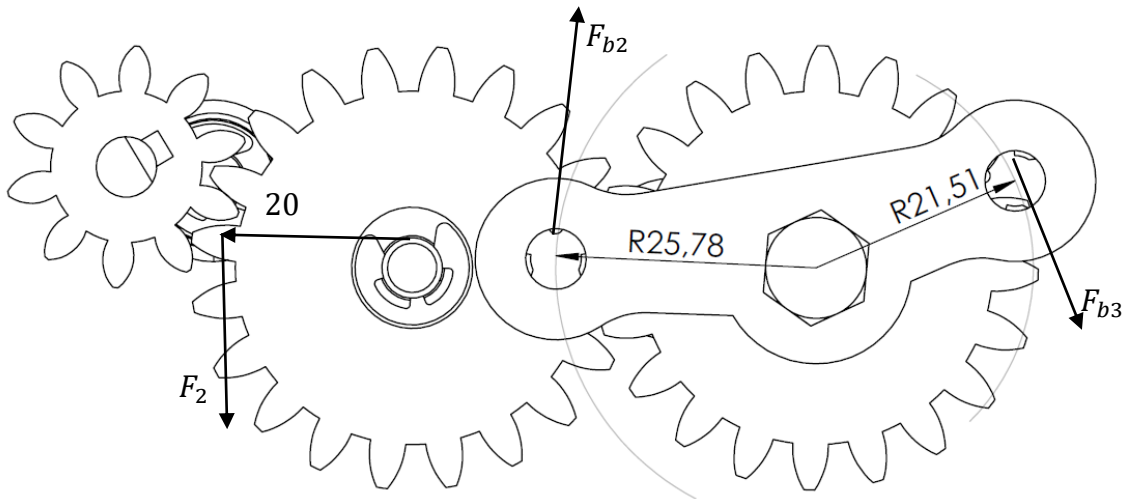


Figura 90. Vista perfil tren de engranajes Pinza

EL par motor del engranaje obtenido en el anteriormente : 2.16Nm

$$T_2 = T_3 = 2.16Nm$$

El par es la Fuerza por la distancia al centro de aplicación de dicha fuerza según la ecuación (4).

Para engranaje 2, la fuerza ejercida en los dientes será según la ecuación (5).

$$(4) T_2 = F_2 * r_2$$

$$(5) F_2 = \frac{T_2}{r_2} = \frac{2.16Nm}{0.02m} = 108N$$

Donde r_2 es el radio del engranaje 2

Aplicamos el mismo concepto para encontrar el valor de las de las fuerzas máximas posibles de los extremos de la barra F_{b_2} y F_{b_3} en ecuación (6).

$$(6) F_{b_2} * r_{b_2} + F_{b_3} * r_{b_3} = F_2 * 20 \rightarrow$$

Ya que las fuerzas varían según la posición de mecanismo, para los casos más extremos se toman:

Caso $F_{b_3} = 0$, según ecuación (7)

$$(7) F_{b_2} = \frac{F_2 * 20}{r_{b_2}} = \frac{108N * 20mm}{25.78mm} = 83.79N$$

Caso $F_{b_2} = 0$, según ecuación (8)

$$(8) F_{b_3} = \frac{F_2 * 20}{r_{b_3}} = \frac{108N * 20mm}{21.51mm} = 100N$$

Por lo tanto los valores que pueden tomar las fuerzas en esta posición son :

$$F_{b_2} = 83.78N$$

$$F_{b_3} = 100N$$

Conociendo los valores de par motor y velocidad angular de los engranajes se procede a analizar los movimientos del mecanismo de seis barras mediante un análisis de movimiento mediante la herramienta de SolidWorks Motion de SolidWorks.

El engranaje tiene una velocidad de giro de la mitad del servomotor, debido a la relación de

transmisión que hay entre los engranajes. Un valor de 25 rpm. Figura 91

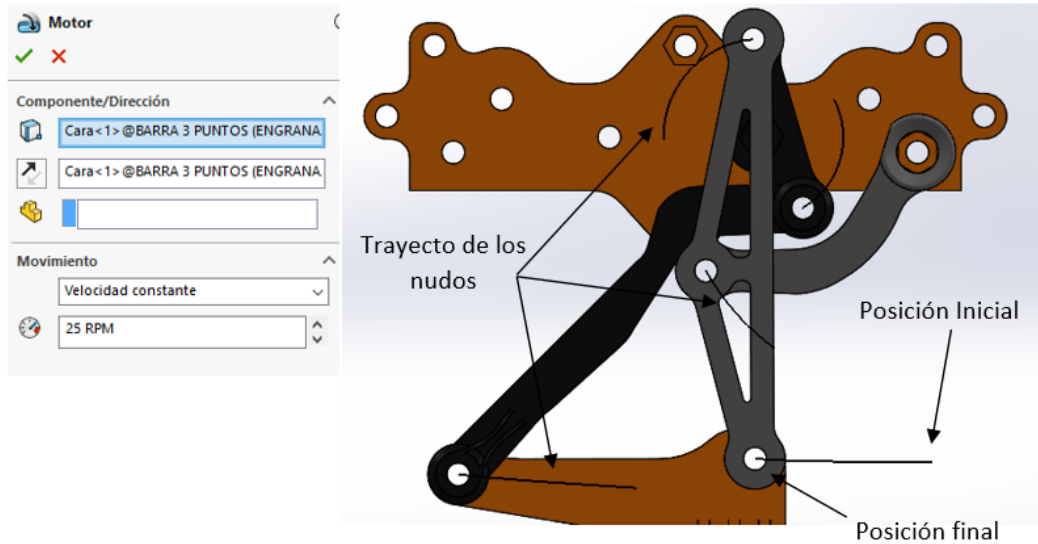


Figura 91. Imagen de las trayectorias de los nudos del mecanismo de seis barras

9.2.2 Diagramas de desplazamiento

Diagramas del desplazamiento angular frente al tiempo de la barra rotativa del mecanismo de seis barras

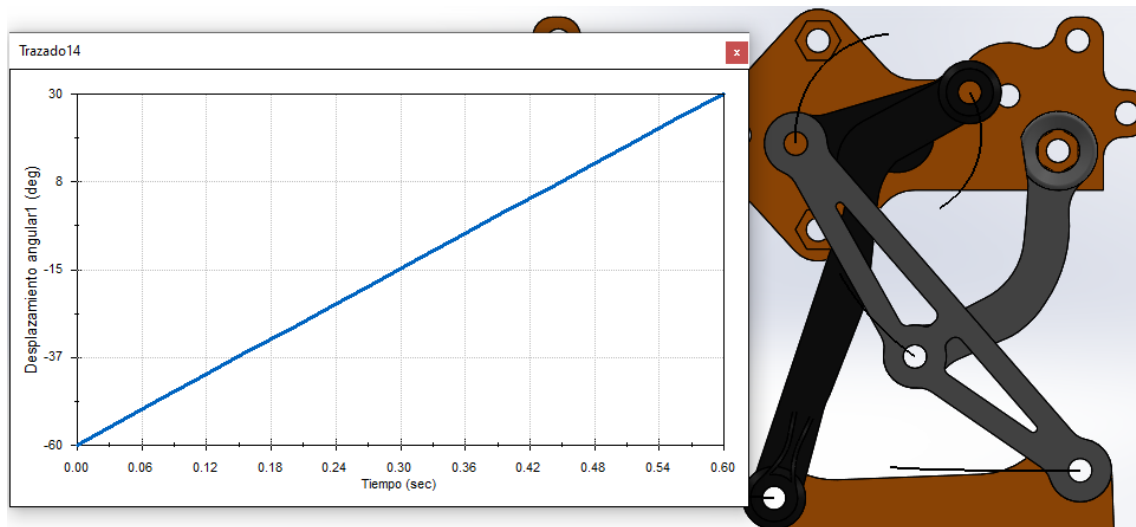


Figura 92. Diagramas del desplazamiento angular frente al tiempo de la barra rotativa del mecanismo de seis barras

La velocidad del servomotor hace que la pinza se abra en menos de 1 segundo. 0.6 segundos son suficientes para que la barra gire los 90 grados según la Figura 92.

Diagramas del desplazamiento lineal frente al tiempo del dedo del mecanismo de seis barras

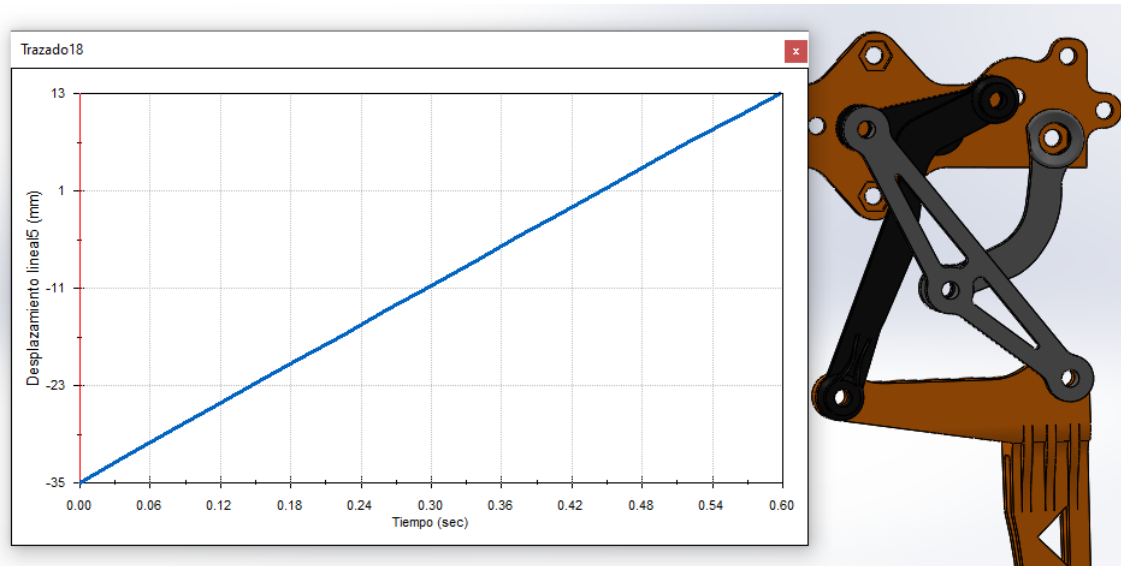


Figura 93. Diagramas del desplazamiento lineal frente al tiempo del dedo del mecanismo de seis barras

Debido a la limitación del servomotor que puede girar en un rango de 180 grados hace limitar el desplazamiento de dedo hasta unos 48mm. Figura 93.

9.2.3 Diagramas del par motor

Diagramas del Par motor frente al tiempo de la barra rotativa del mecanismo de seis barras

Se aplica una fuerza constante de valor 20N y se mide el par motor en la barra rotativa conetada al engranaje. Figura 94.

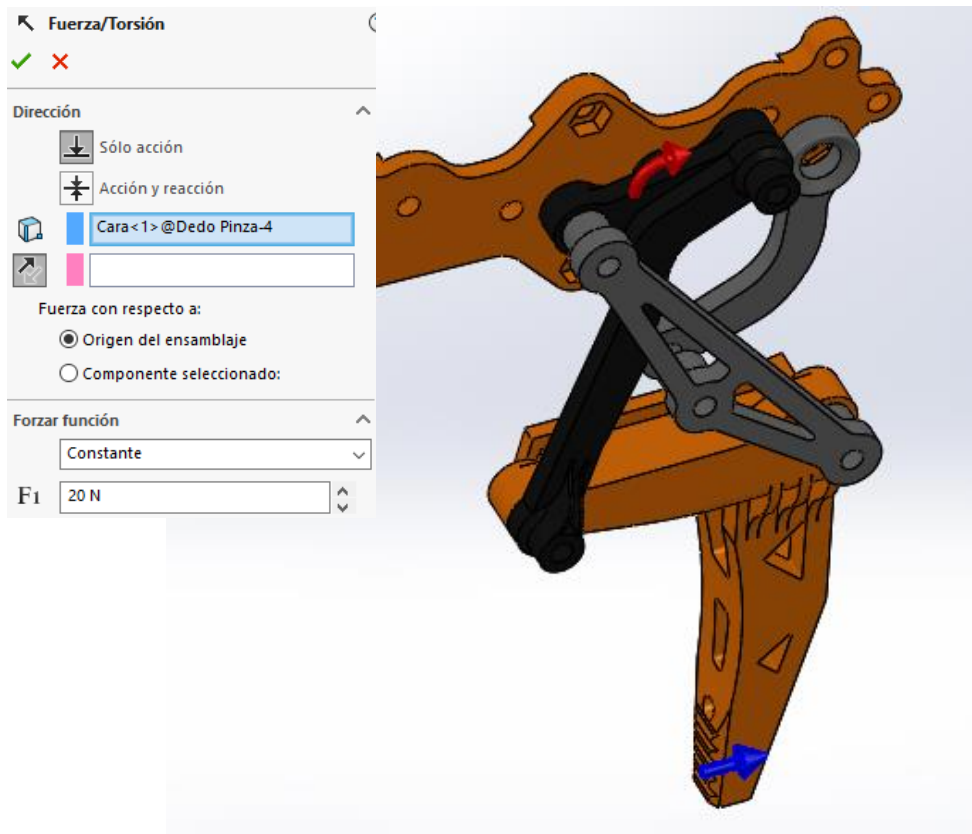


Figura 94. Parámetros de fuerza aplicada al dedo en SolidWorks Motion

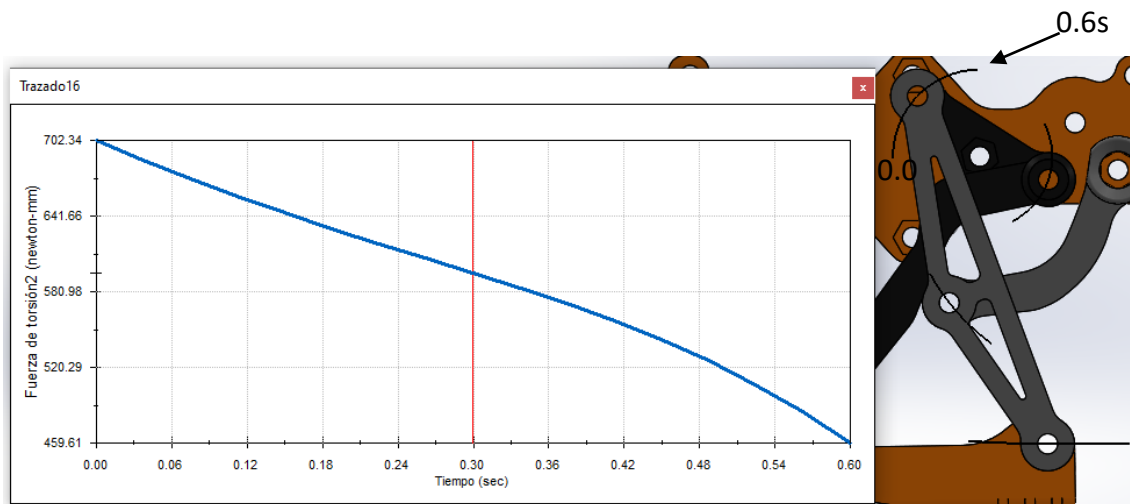


Figura 95. Diagramas del Par motor frente al tiempo de la barra rotativa del mecanismo de seis barras

La grafica de la Figura 95. sigue un sistema no lineal. Para la posición inicial el valor del par es de 459.61N.

702.34 Nmm toma el valor máximo del par en la barra ejercido por la fuerza de 20N aplicada en la punta el dedo.

$$702.34Nmm * \frac{1m}{1000mm} = 0.7Nm$$

$0.7Nm$ queda por debajo del $2.16Nm$ del par transmitido por el servomotor al engranaje grande con lo que el servomotor podrá aplicar un agarre de $20N$ requeridos en la punta de la pinza.

10 Anexo 2- Simulaciones

En el anexo correspondiente se procede a analizar el comportamiento de las piezas frente a cargas críticas con el objetivo de dimensionar y optimizar cada pieza. Las simulaciones se han ejecutado mediante un software informático que permite el análisis de piezas con geometría compleja que no podemos realizar mediante métodos de cálculos analíticos.

El análisis mediante elementos finitos (FEA, *Finite Element Analysis*) se basa en representar un modelo geoméricamente similar que consta de múltiples regiones discretas simplificadas y conectadas. Usando las ecuaciones de equilibrio, consideraciones físicas aplicables, relaciones constitutivas que se aplican a cada elemento, se construye un sistema de varias ecuaciones. Usando distintos métodos matemáticos se resuelve dicho sistema y se obtiene la solución concreta.

Los pasos a seguir para hacer un análisis son los siguientes:

1. **Pre-procesamiento.** Que consiste en definir el modelo de elementos finitos y los factores ambientales que influyen en él como cargas, esfuerzos, sujeciones...(Ver Figura 96).

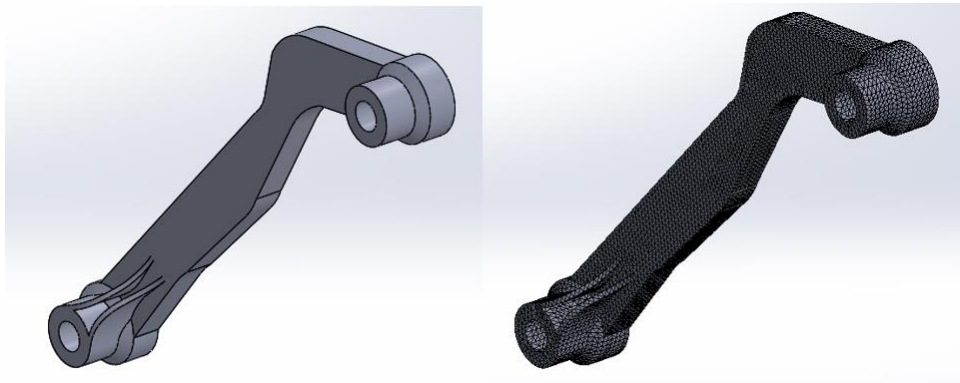


Figura 96. Definición del modelo de elementos finitos a partir del modelo de diseño para una pieza del mecanismo de seis barras.

2. **Solución del análisis.** Solucionar el modelo de elementos finitos. Figura 97.

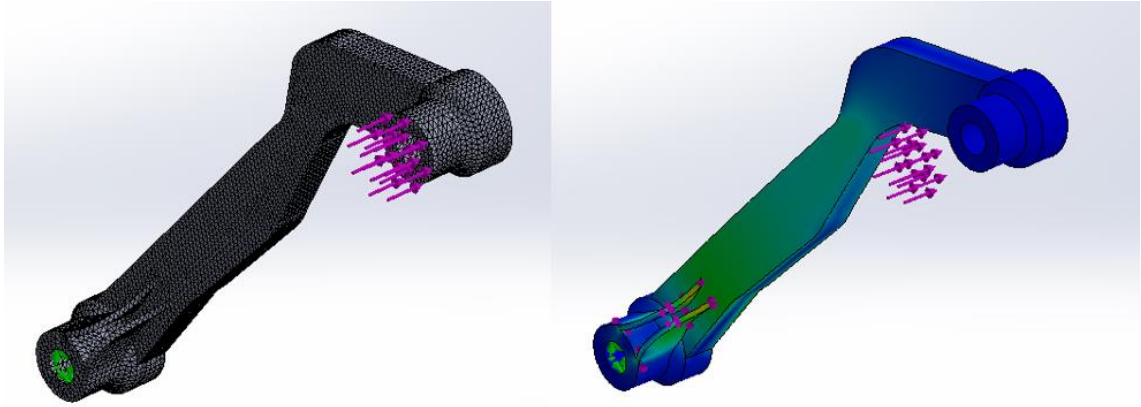


Figura 97. Definición sujeciones y fuerza.

3. **Post-procesamiento** de resultados usando herramientas de visualización. Figura 98

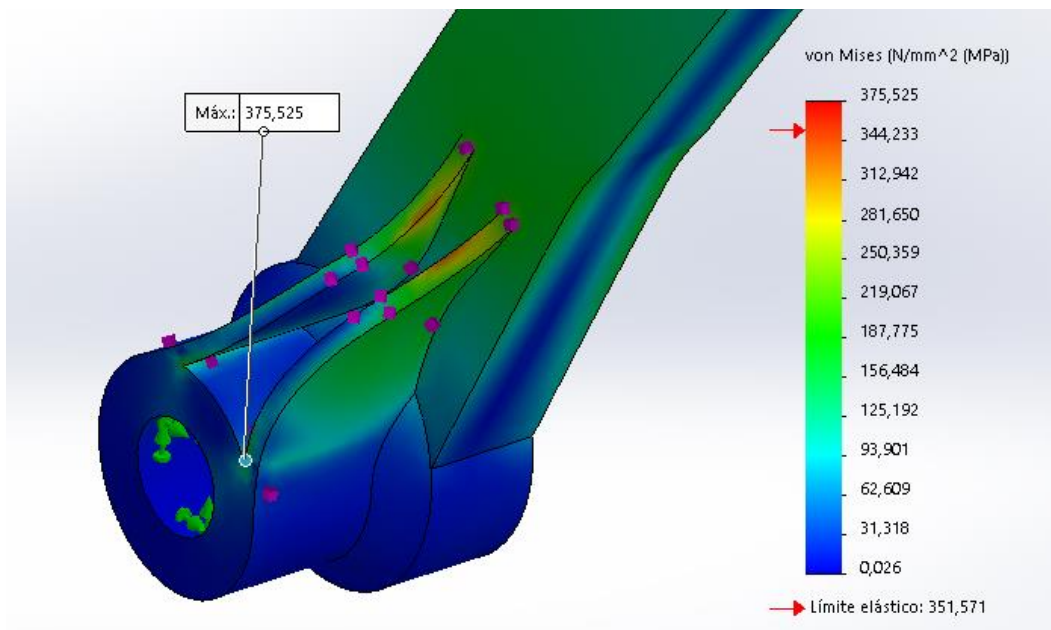


Figura 98. Resultado del estudio estático

El análisis mediante elementos finitos tiene una amplia aplicación en el mundo de la ingeniería. La ingeniería mecánica, aeronáutica, biomecánica, y las industrias automotrices todas con la finalidad de obtener un producto optimizado usando dicho método. La herramienta tiene numerosas ventajas como producir visualizaciones de rigidez y fuerza y además ayuda a minimizar peso, materiales y costos, permite la construcción de diseños enteros, su refinación y la optimización. Figura 99

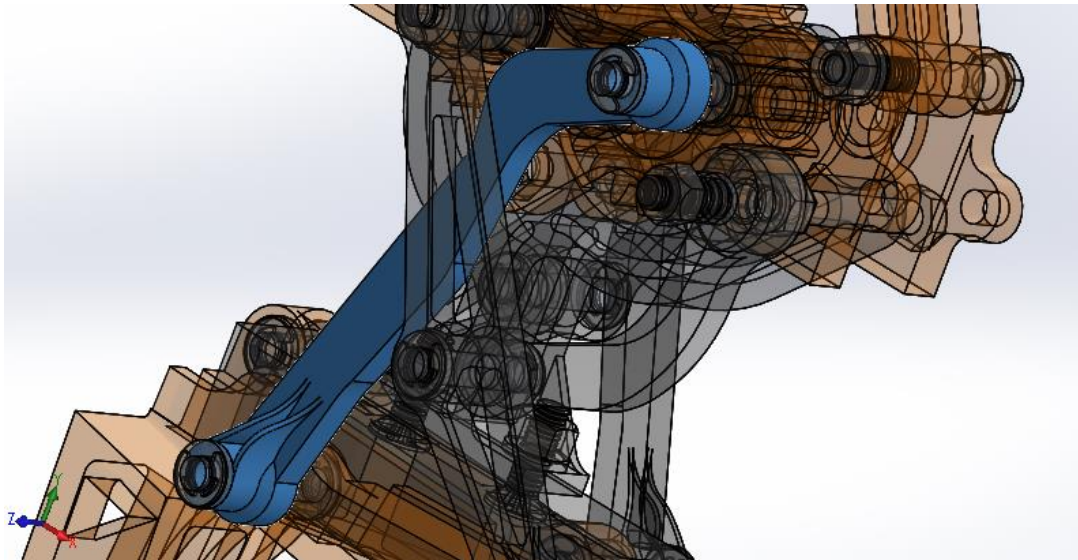


Figura 99. Barra larga del mecanismo de seis barras

10.1 Simulaciones Acoplador

Es importante que el acople y todas las piezas que forman parte de la estructura reaccionan adecuadamente bajo cargas de todo tipo. La gran variedad de herramientas y pinzas que pueden colocarse al acople pueden provocar cargas de compresión, tracción, momento flector o torsión sobre el conjunto. En las simulaciones a continuación se suponen casos en los cuales las piezas serán a expuestas a cargas en las cuales se analizarán el comportamiento frente a los distintos tipos de carga posibles. Se analizarán las piezas que mas cargas soportan y serán analizados los casos donde más probable es que se produce un fallo.

Las simulaciones se han hecho suponiendo una carga de 20N colocada en la pinza de seis barras. Para obtener los máximos valores de presión sobre el acople este se coloca de forma horizontal produciendo un momento flector según la Figura 100. La posición horizontal es la posición donde podemos llegar a obtener un valor de tensión más alto. Verificando que este valor no sobrepasa el límite elástico en ninguna de las piezas que forman parte del ensamblaje verificaremos el correcto funcionamiento del acople para todas las posiciones posibles que puede tomar el conjunto bajo la carga de 20N.

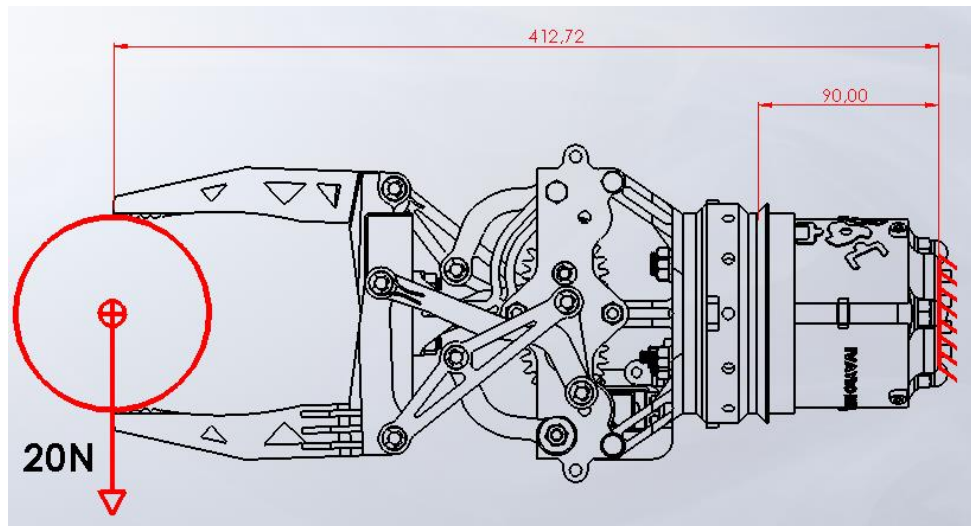


Figura 100. Esquema estudio estático Acople universal

10.1.1 Simulación Adaptador del robot

La pieza presenta unas de las mayores tenciones del todo el conjunto debido al momento flector que se produce debido a su posición. Se coloca al robot mediante 4 tornillos cónicos, esta zona donde los tornillos tienen contacto con la pieza será donde más concentración de tenciones de compresión se obtendrán. Figura 101.

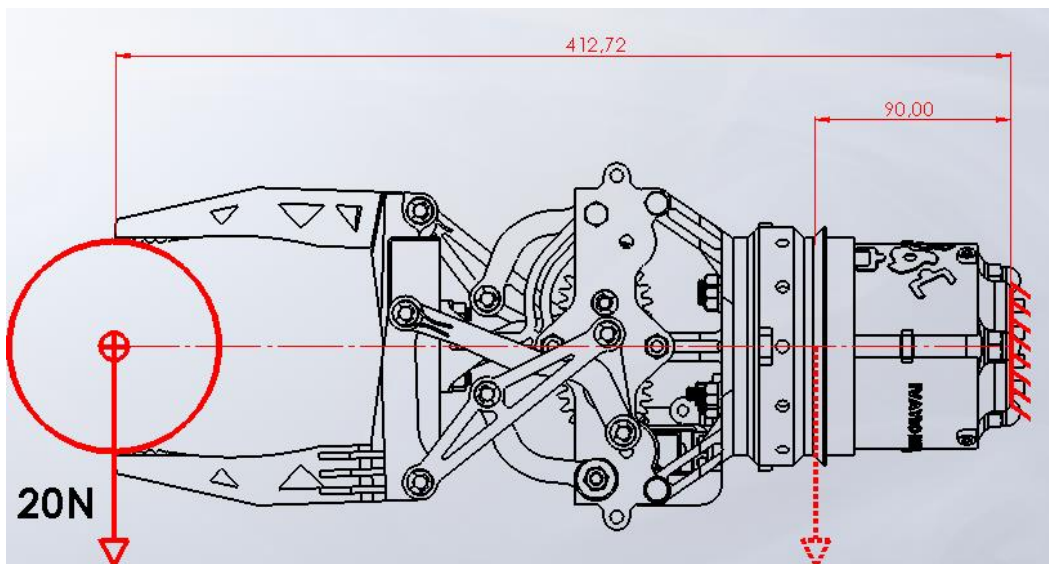


Figura 101. Esquema estudio estático Acople universal

La fuerza de 20N se colocada a una distancia de 413mm desde el apoyo, esto es equivalente a una fuerza de 114N a 90mm según la expresión (9).

$$(9) F_{413} * 413 = F_{90} * 90 \rightarrow F_{90} = \frac{F_{413} * 413}{90mm} = \frac{20N * 413}{90mm} = 92N$$

La simulación se ha hecho junto con el soporte principal del acople. Para las finalidades del análisis se tomarán en cuenta los resultados del adaptador. La unión entre las piezas es mediante 3 tornillos de M8 que atraviesan longitudinalmente el soporte principal y juegan un papel importante en la estructura absorbiendo la mayoría de las cargas aplicadas sobre el robot. Figura 102.

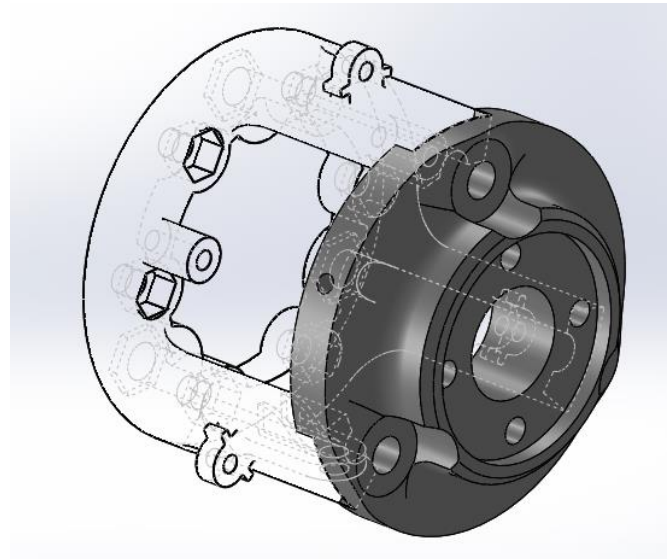


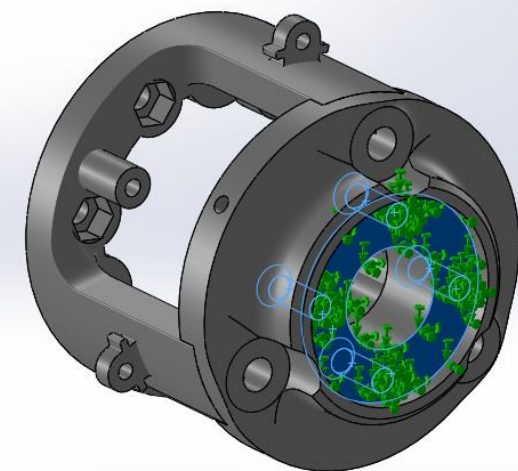
Figura 102. Vista del soporte y el adaptador del Acople universal

Sujeciones y cargas

Sujeciones

Detalles Sujeciones:

Nombre de carga	Fijo-1
Entidades	9 cara(s)
Tipo	Geometría fija
Identificador	1



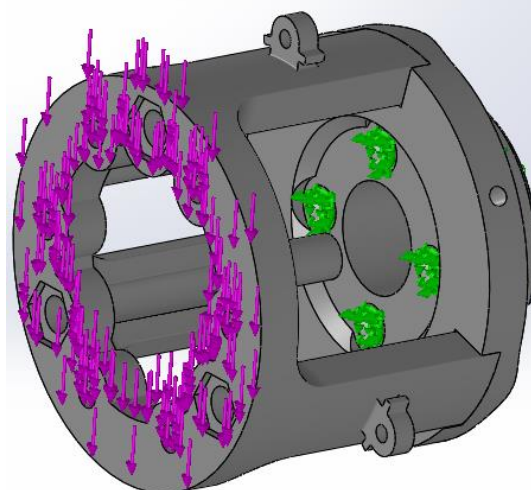
Cargas

Detalles cargas:

Nombre de carga	Fuerza-1 (:Por elemento: 92 N:)
Entidades	1 cara(s), 1 plano(s)
Referencia	Front Plane
Tipo	Aplicar fuerza
Valores	---, ---, 92
Unidades	SI
Identificador	3

Nota:

La carga se aplica según la figura. El contacto entre las piezas es de tipo contacto global (Unión rígida) solo para las finalidades de esta simulación.

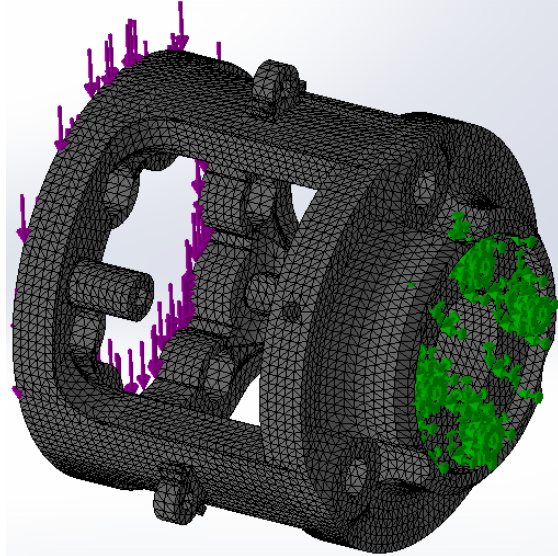


Información de malla

Malla

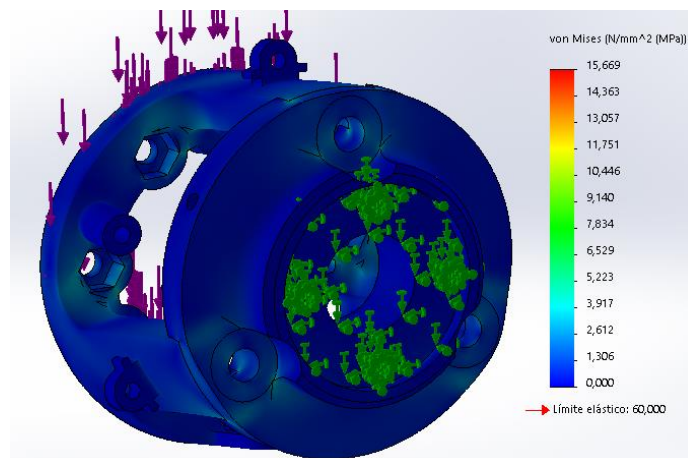
Detalles malla:

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado	Malla estándar
Transición automática	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla	Desactivar
Puntos jacobianos	4 puntos
Control de malla	Definida
Tamaño de elementos	2 mm
Tolerancia	0.1 mm
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden
Número total de nodos	210657
Número total de elementos	137084
Cociente de aspecto máximo	61.302
Porcentaje de elementos con cociente de aspecto < 3	96.4
Porcentaje de elementos con cociente de aspecto > 10	0.128
% de elementos distorsionados (Jacobiano)	0
Regenerar la malla de piezas fallidas con malla incompatible	Desactivar
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss)	00:00:14

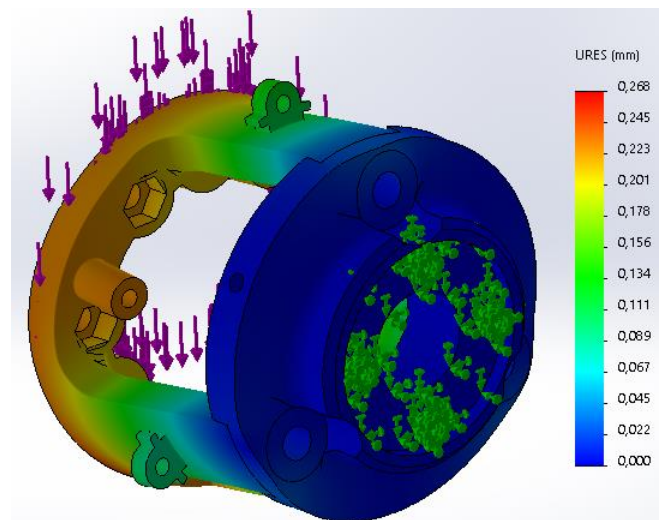


Resultados del estudio estática

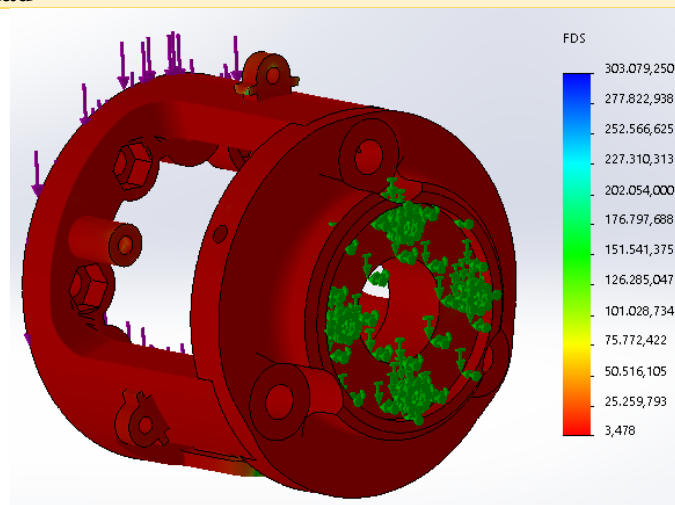
Von Mises



Deformaciones



Factor de seguridad



Conclusiones

Las gráficas de las simulaciones muestran los valores máximos y mínimos a que pueden llegar a tener las piezas. De la gráfica de Von Mises se puede observar que el adaptador no llega a tener tensiones de magnitud cercana al límite elástico del material. Las deformaciones son prácticamente nulas para la pieza del adaptador.

10.1.2 Simulación del Vástago

La misión de esta pieza es mantener la pinza/herramienta de trabajo durante el proceso de funcionamiento del robot. Sobre el vástago se producen fuerzas de compresión sobre el material, con lo que existe la posibilidad de su aplastamiento si se sobrepasa el límite elástico del material.

La fuerza de $20N$ aplicada a $312mm$ (Figura 103) se convierte en fuerza de $138.6N$ a una distancia de $45mm$ según la expresión (10).

$$(10) F_{312} * 312 = F_{45} * 45mm \rightarrow F_{45} = \frac{F_{312} * 312mm}{45mm} = \frac{20N * 312}{45mm} = 138.6N$$

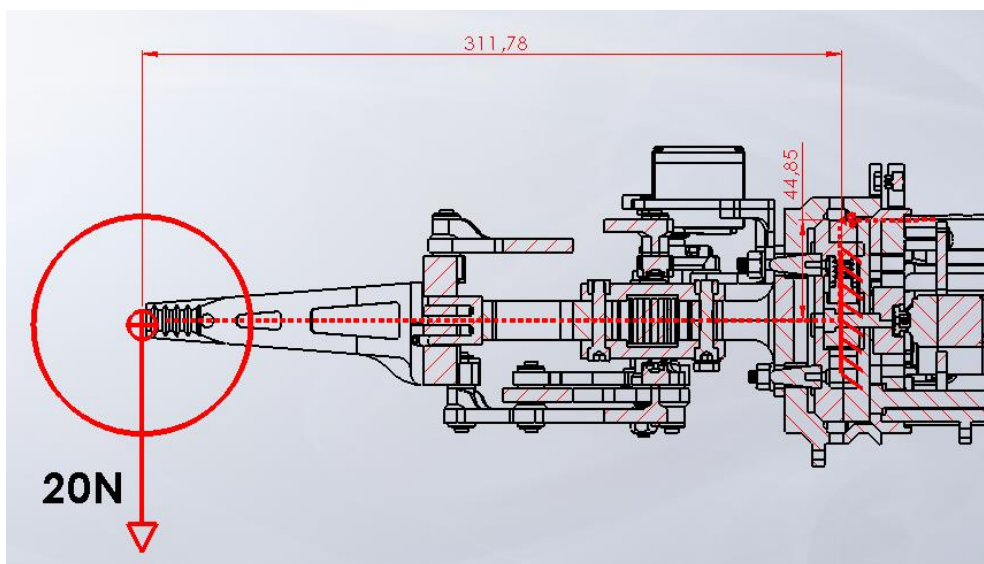


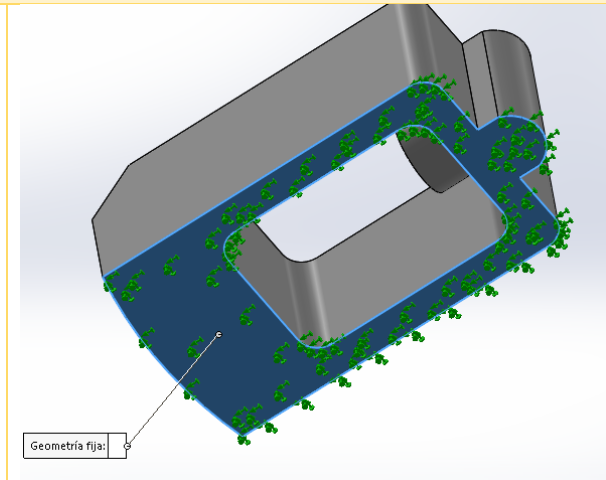
Figura 103. Esquema estudio estático Acople universal

Sujeciones y cargas

Sujeciones

Detalles Sujeciones:

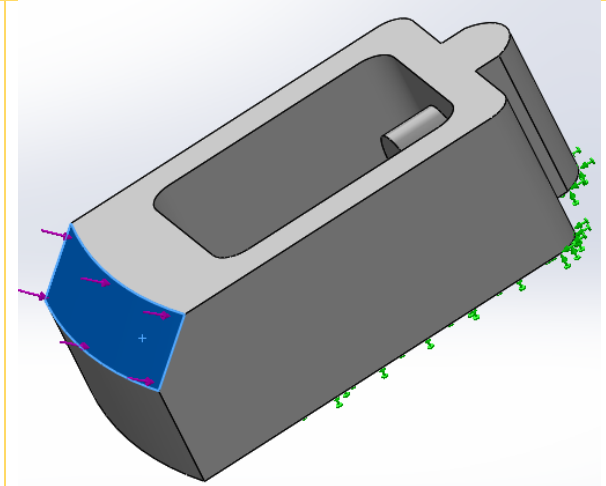
Nombre de carga	Fijo-1
Entidades	1 cara(s)
Tipo	Geometría fija
Identificador	1



Cargas

Detalles cargas:

Nombre de carga	Fuerza-1 (:Por elemento: 139 N:)
Entidades	1 cara(s)
Tipo	Aplicar fuerza normal
Valor	139
Unidades	SI
Identificador	3



Nota:

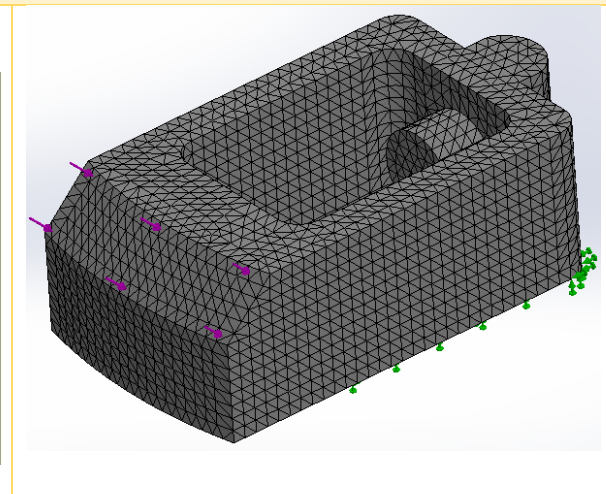
La carga se aplica perpendicularmente a la cara

Información de malla

Malla

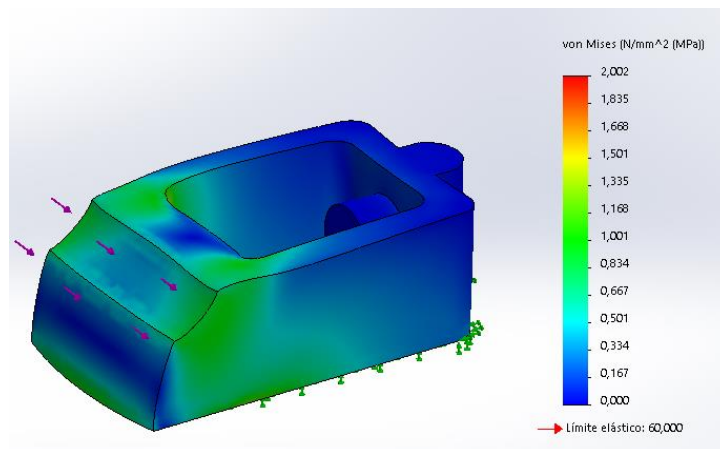
Detalles malla:

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado	Malla estándar
Transición automática	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla	Desactivar
Puntos jacobianos	4 puntos
Tamaño de elementos	1 mm
Tolerancia	0.05 mm
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden
Número total de nodos	46028
Número total de elementos	30072
Cociente de aspecto máximo	3.8572
Porcentaje de elementos con cociente de aspecto < 3	99.9
Porcentaje de elementos con cociente de aspecto > 10	0
% de elementos distorsionados (Jacobiano)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss)	00:00:04

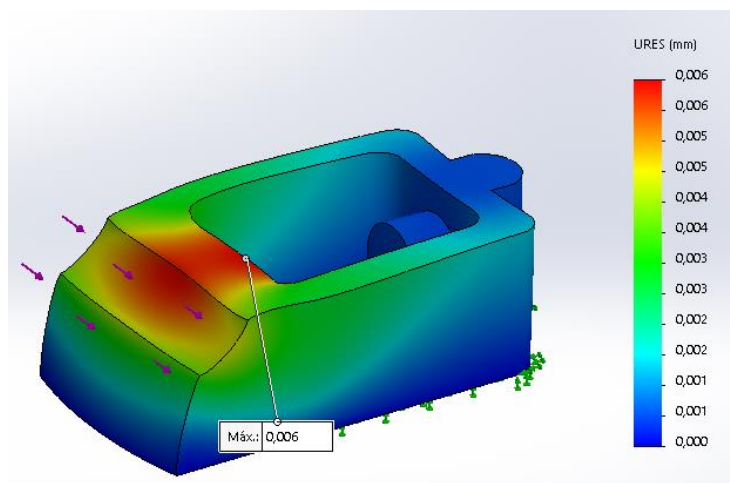


Resultados del estudio estática

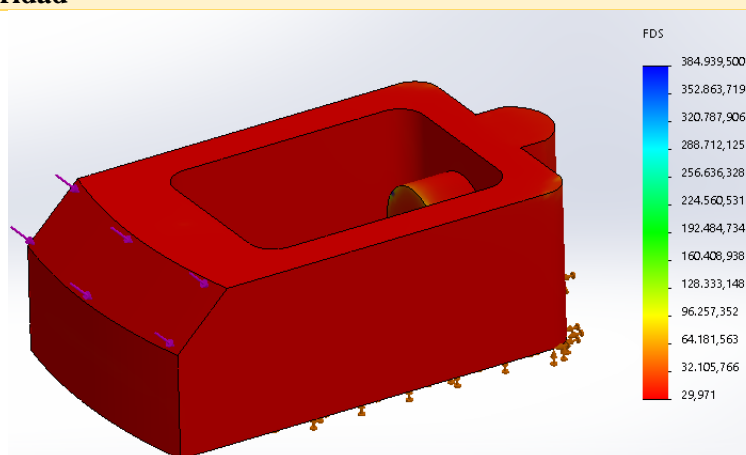
Von Mises



Deformaciones



Factor de seguridad



Conclusiones

El FDS mínimo de casi 30 unidades indica que la pieza está muy lejos de llegar a superar el valor del límite elástico del material con lo que la pieza queda totalmente en la zona segura.

10.1.3 Simulación Base inferior

La base inferior queda unida mediante 6 tornillos M6 a la base superior. La pieza mantiene los vástagos a su posición en su interior, con lo que tiene que soportar las cargas de los vástagos. EL valor de la carga a aplicar de la simulación es el valor calculado en el apartado interior, un valor de $138.6N$. Ver Figura 104.

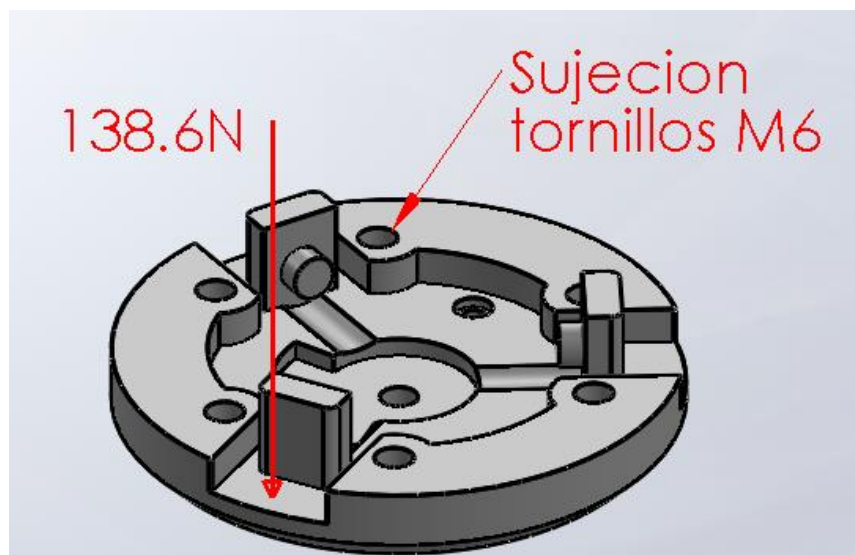


Figura 104. Esquema estudio estático Base inferior

Sujeciones y cargas

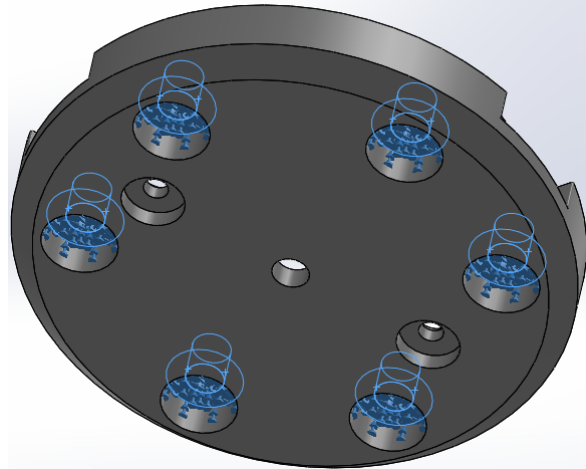
Sujeciones

Detalles Sujeciones:

Nombre de carga	Fijo-1
Entidades	12 cara(s)
Tipo	Geometría fija
Identificador	1

Nota:

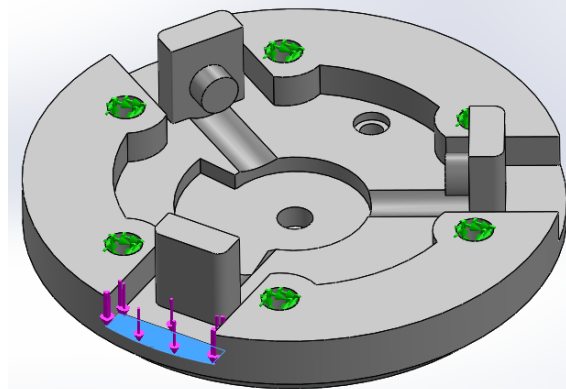
Para conseguir una distribución uniforme de las cargas se introducen arandelas en el interior.



Cargas

Detalles cargas:

Nombre de carga	Fuerza-1 (:Por elemento: 139 N:)
Entidades	1 cara(s)
Tipo	Aplicar fuerza normal
Valor	139
Unidades	SI
Identificador	3

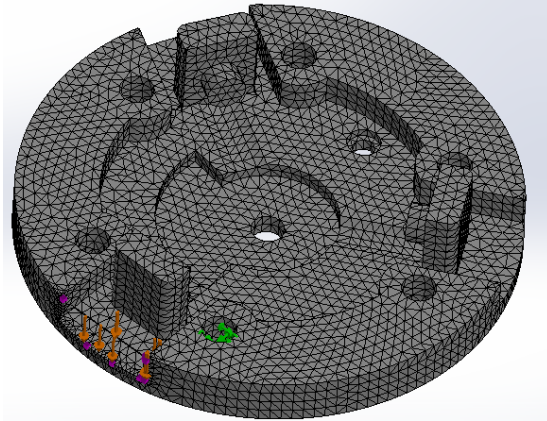


Información de malla

Malla

Detalles malla:

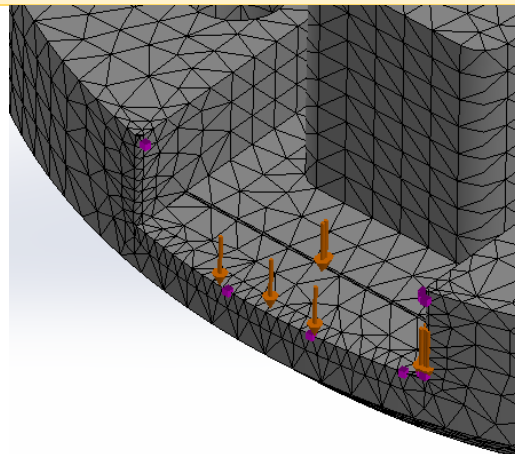
Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado	Malla estándar
Transición automática	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla	Desactivar
Puntos jacobianos	4 puntos
Control de malla	Definida
Tamaño de elementos	2 mm
Tolerancia	0.1 mm
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden
Número total de nodos	80502
Número total de elementos	51558
Cociente de aspecto máximo	690.46
Porcentaje de elementos con cociente de aspecto < 3	98.6
Porcentaje de elementos con cociente de aspecto > 10	0.0989
% de elementos distorsionados (Jacobiano)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss)	00:00:06
Nombre de computadora	IVAYLO-ASUS



Control de malla

Detalles de control de malla:

Tipo de malla	Malla sólida
Entidades	1 arista(s), 2 cara(s)
Unidades	mm
Tamaño	0.8
Coefficiente	1.5
Identificador	3

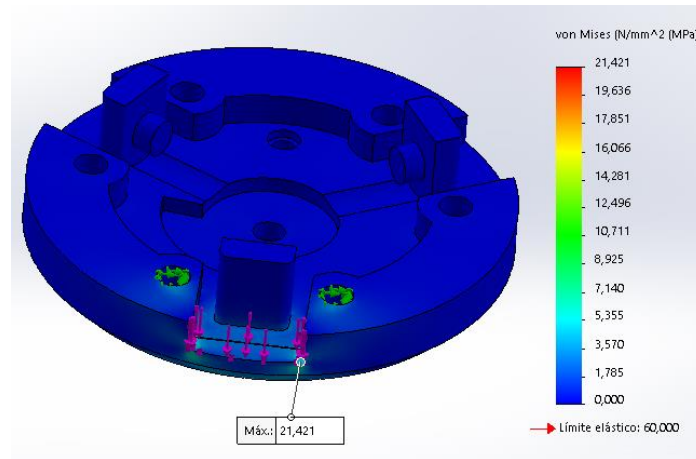


Nota:

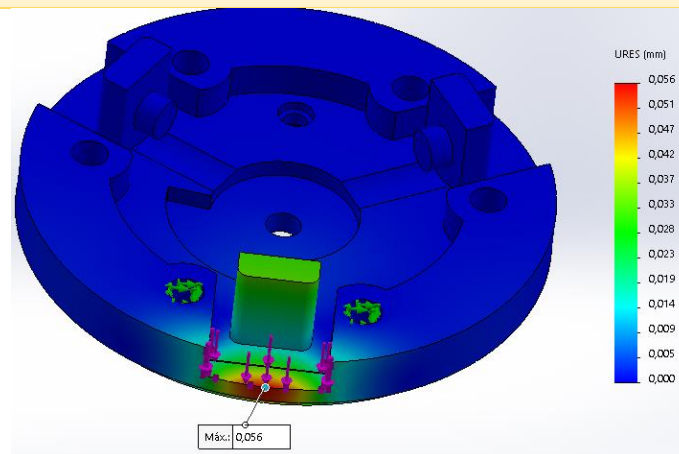
Se aplica control de mallado en la zona de posibles fallos.

Resultados del estudio estática

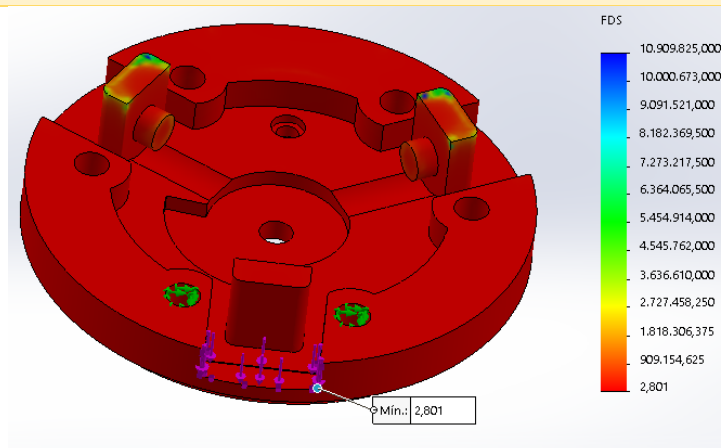
Von Mises



Deformaciones



Factor de seguridad



Conclusiones

Los resultados del análisis estático confirman el correcto funcionamiento del de la pieza durante toda su vida útil. Un FDS de 2.8 y una flecha máxima por debajo del milímetro son mas que suficientes para la carga propuesta en el ensayo.

10.1.4 Simulación Acople cruz

La pieza encargada de transmitir el par motor al eje de la leva puede llegar a deformarse en la zona de contacto con el eje, Figura 105. por lo que se estudiará la zona problemática en la siguiente simulación.

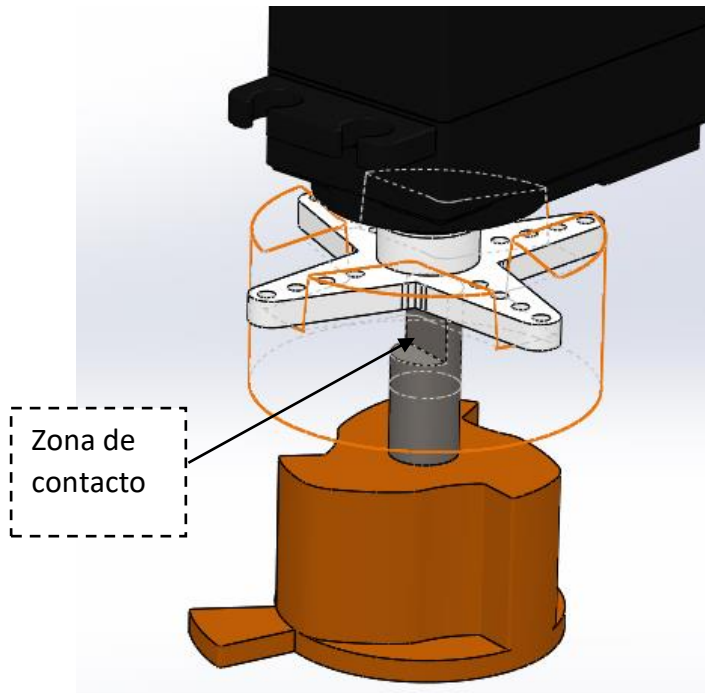


Figura 105. Vista de la zona de contacto entre el acople cruz y el eje de la leva

El par motor disponible del motor tiene un valor de 11kg.cm

El programa requiere los valores en SI con lo que procedemos a convertir de kg.cm a Nm según la expresión (11) y (12)

$$(11) 11kg.cm * \frac{1m}{100cm} * \frac{9.8N}{1kg} = 1.08Nm$$

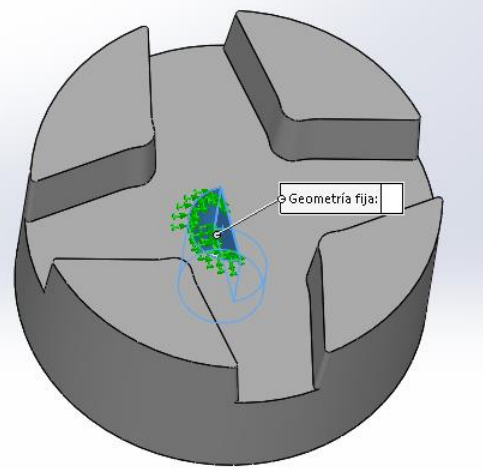
$$(12) F = mg = F = 1kg * 9.8m/s^2 = 9.8N$$

Sujeciones y cargas

Sujeciones

Detalles Sujeciones:

Nombre de carga	Fijo-1
Entidades	2 cara(s)
Tipo	Geometría fija
Identificador	1

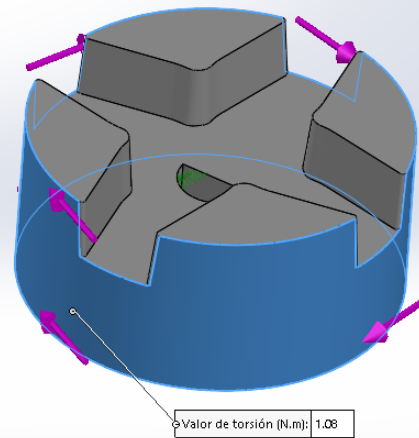


Cargas

Detalles cargas:

Nota:

Torsión de valor 1.08 Nm

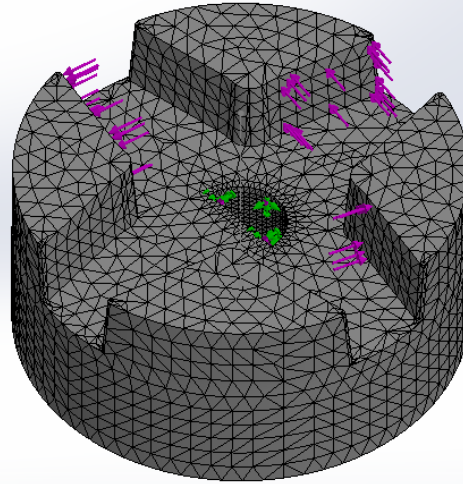


Información de malla

Malla

Detalles malla:

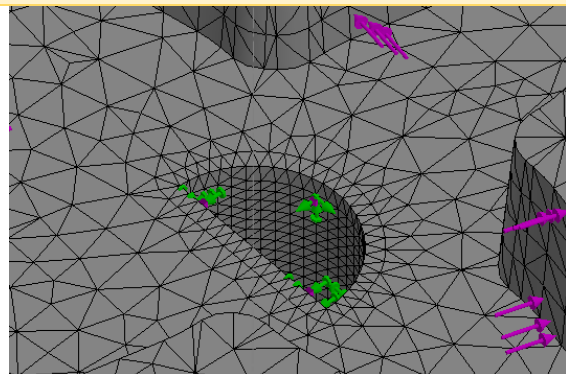
Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado	Malla estándar
Transición automática	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla	Desactivar
Puntos jacobianos	4 puntos
Control de malla	Definida
Tamaño de elementos	1.4 mm
Tolerancia	0.07 mm
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden
Número total de nodos	59172
Número total de elementos	39774
Cociente de aspecto máximo	22.76
Porcentaje de elementos con cociente de aspecto < 3	98.4
Porcentaje de elementos con cociente de aspecto > 10	0.0453
% de elementos distorsionados (Jacobiano)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss)	00:00:04
Nombre de computadora	IVAYLO-ASUS



Control de malla

Detalles de control de malla:

Tipo de malla	Malla sólida
Entidades	2 cara(s)
Unidades	mm
Tamaño	0.4
Coefficiente	1.5
Identificador	1

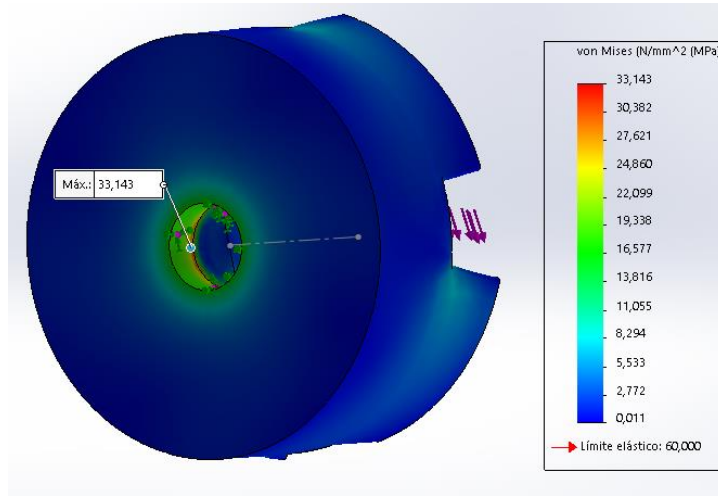


Nota:

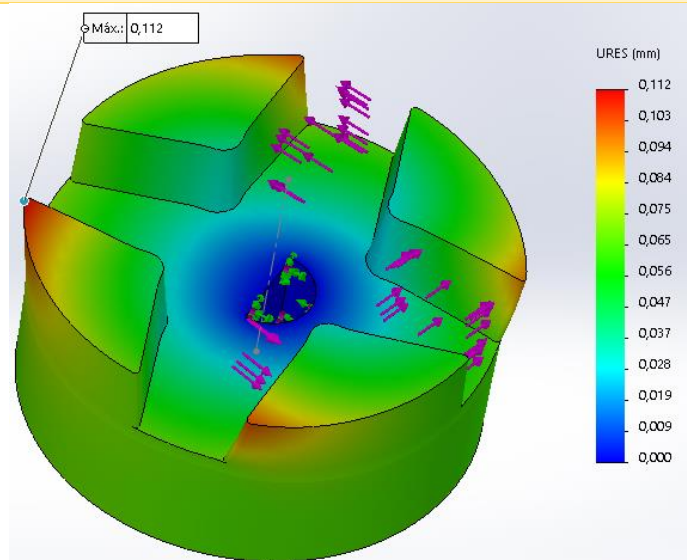
Se aplica control de mallado en la zona de posibles fallos.

Resultados del estudio estática

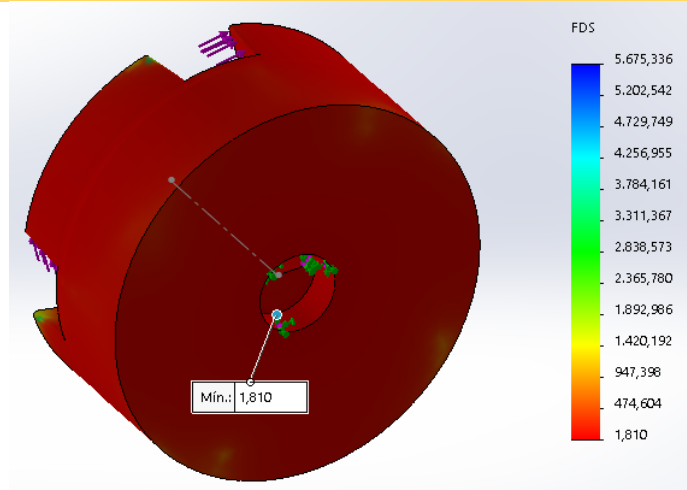
Von Mises



Deformaciones



Factor de seguridad



Conclusiones

Como se ha mencionado anteriormente, en la zona de contacto entre el acople cruz (PLA) y el eje de la leva (acero) se observan unos valores de tensión de hasta 33MPa que siguen siendo por debajo de los del límite elástico del material PLA. El valor de FDS queda por debajo de 2 unidades (1.8).

10.2 Simulaciones Pinza seis barras

Para ver el comportamiento de la pinza y sus componentes frente a cargas se procede a hacer simulaciones estáticas a todas las piezas que puedan fallar. Se somete una carga de 20N en la punta de la pinza, como se indica en la figura xxx. , además se coloca de tal forma que las piezas de la estructura principal puedan fallar más fácil para obtener un resultado totalmente fiable.

Para las piezas de diseño más complejo se ejecutarán simulaciones en las zonas donde más concentración de fuerzas existen ya que es el lugar donde más probable es que la pieza falle.

10.2.1 Simulación Unión Acople Universal

En esta simulación se aplicará una fuerza de 20N en el extremo más lejano del acople de la pinza lo que provocará un momento en el acople universal y el soporte principal Figura 106.

Aquí se analiza la fuerza aplicada de los tornillos de Allen sobre el acople universal ya que es una de las zonas más conflictivas de esta pieza fuerzas se concentran.

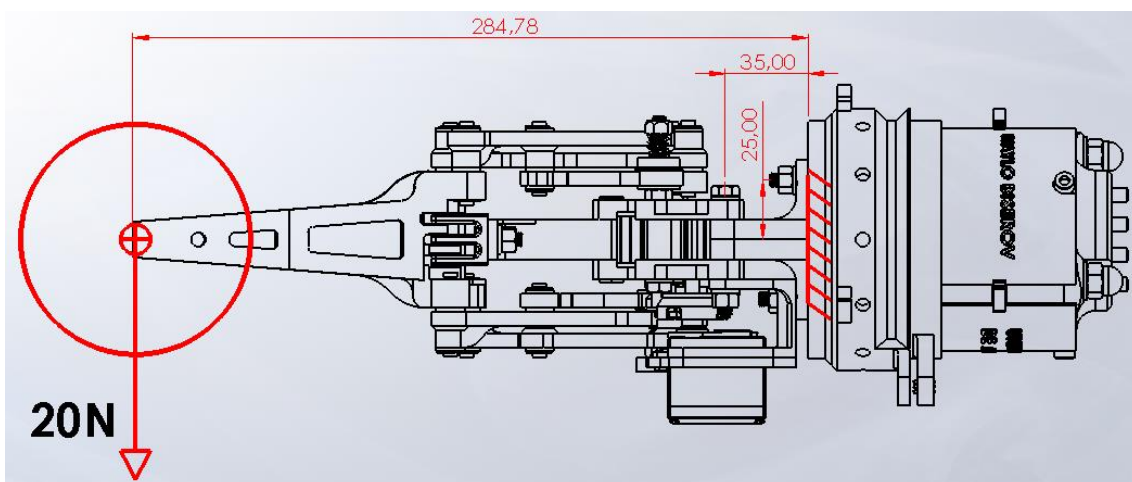


Figura 106. Esquema estudio estático la Pinza de seis barras

Si la fuerza aplicada de 20N se ubica a una distancia de 284.78mm esto es equivalente a una fuerza de 114N a 25mm según la siguiente expresión (11).

$$(13) F_{284.78} * 284.78 = (2xF_{25}) * 25 \rightarrow F_{35} = \frac{F_{284.78} * 284.78}{2 * 25mm} = \frac{20N * 284.78}{2.25mm} = 114N$$

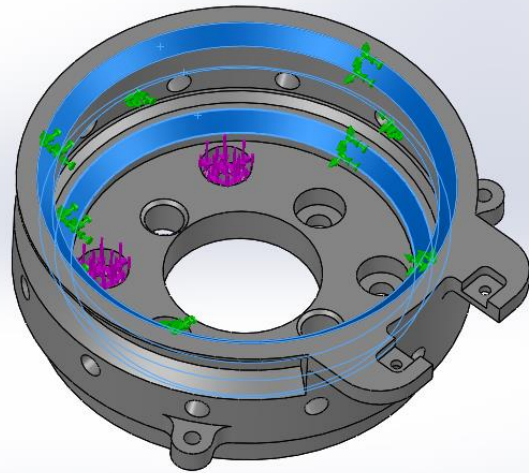
Esta fuerza estará distribuida ente los 2 dornillos que están trabajando en tracción según el caso de la figura anterior.

Sujeciones y cargas

Sujeciones

Detalles Sujeciones:

Nombre de carga	Fijo-1
Entidades	3 cara(s)
Tipo	Geometría fija
Identificador	1



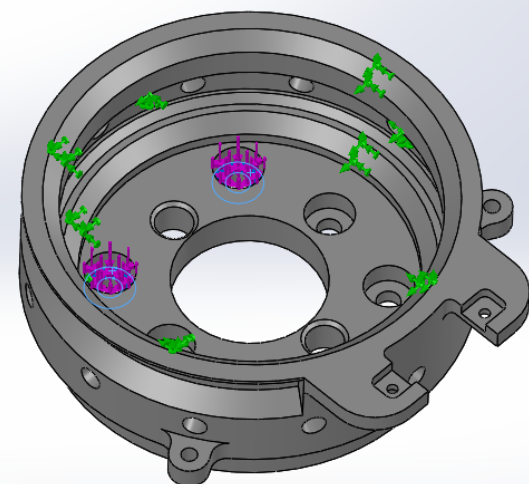
Cargas

Detalles cargas:

Nombre de carga	Fuerza-1 (:Por elemento: 114 N:)
Entidades	2 cara(s)
Tipo	Aplicar fuerza normal
Valor	114
Unidades	SI
Identificador	3

Nota:

Para conseguir una distribución uniforme de las cargas se introducen arandelas en el interior.

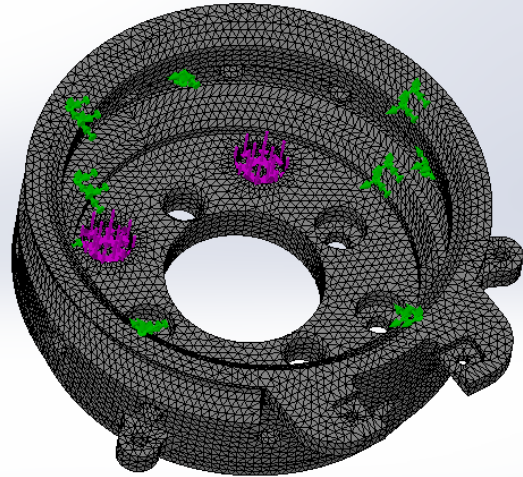


Información de malla

Malla

Detalles malla:

Mallador utilizado	Malla estándar
Transición automática	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla	Desactivar
Puntos jacobianos	4 puntos
Control de malla	Definida
Tamaño de elementos	2 mm
Tolerancia	0.1 mm
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden
Número total de nodos	204959
Número total de elementos	133952
Cociente de aspecto máximo	9.4275
Porcentaje de elementos con cociente de aspecto < 3	99.4
Porcentaje de elementos con cociente de aspecto > 10	0
% de elementos distorsionados (Jacobiano)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss)	00:00:10



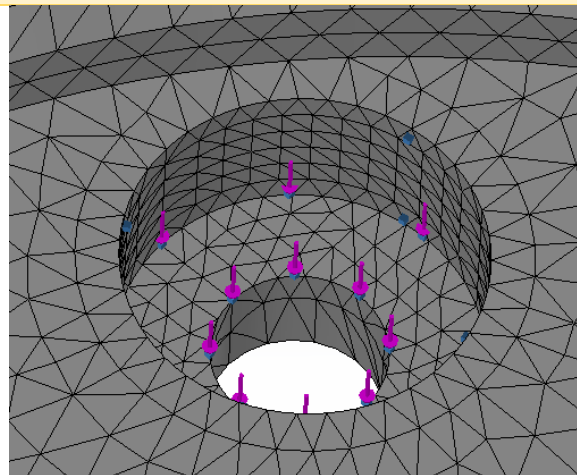
Control de malla

Detalles de control de malla:

Tipo de malla	Malla sólida
Entidades	4 cara(s)
Unidades	mm
Tamaño	1
Coefficiente	1.5
Identificador	1

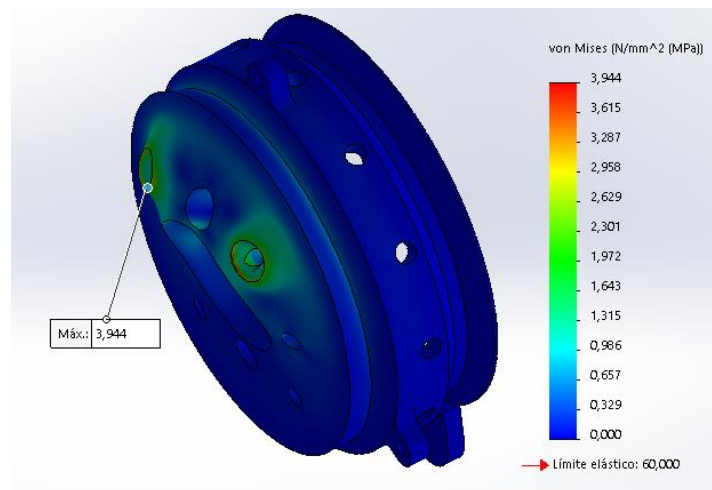
Nota:

Se aplica control de mallado en la zona de posibles fallos.

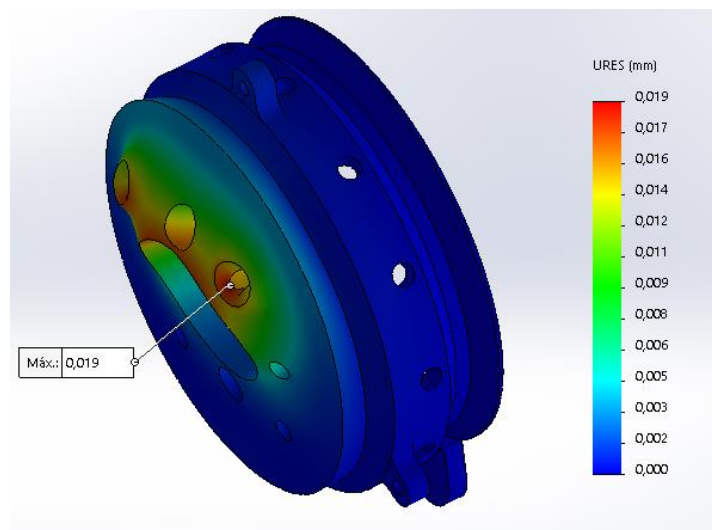


Resultados del estudio estática

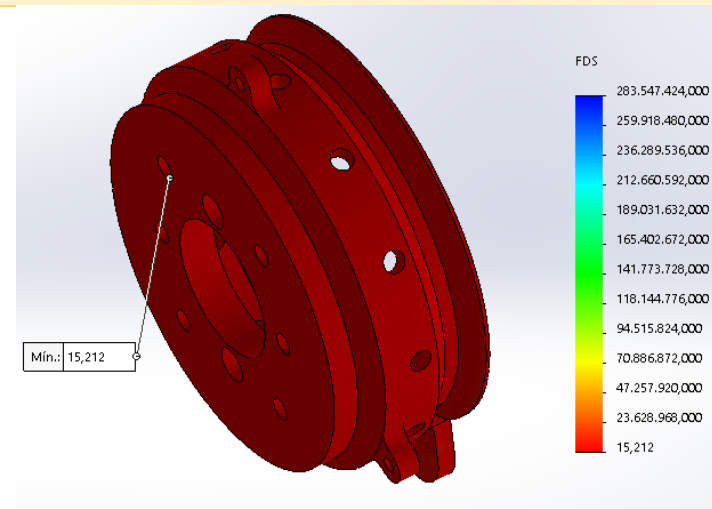
Von Mises



Deformaciones



Factor de seguridad



Conclusiones

El FDS mínimo de 15,2 que indica que la tensión máxima de Von Mises, no alcanza el límite elástico, y las deformaciones máximas son menores al milímetro, se puede concluir que la pieza soporta bien la presión y en consecuencia, sus dimensiones son válidas.

10.2.2 Simulación Soporte principal

Con la misma fuerza de 20N se aplica en soporte principal según la Figura 107.

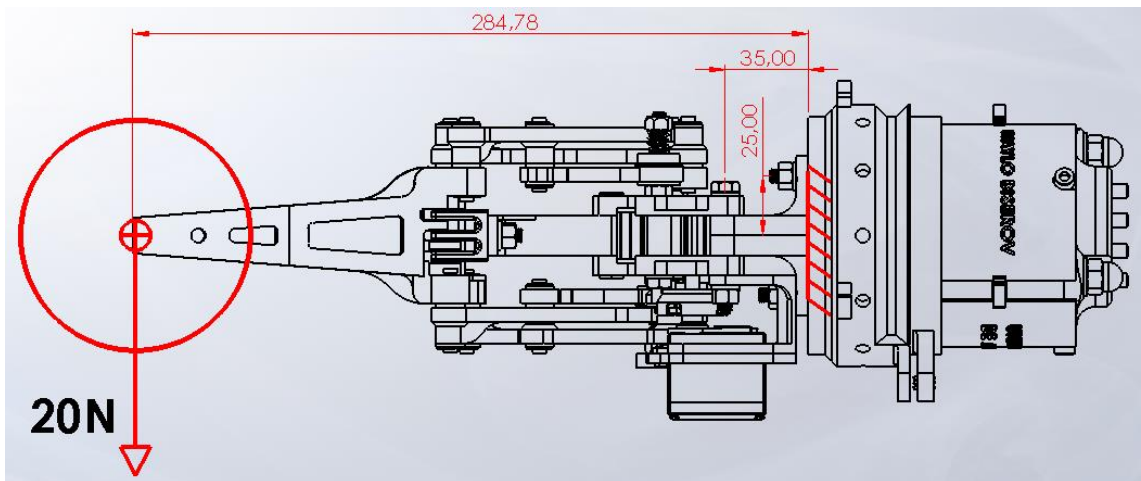


Figura 107. Esquema estudio estático la Pinza de seis barras

En este caso el punto débil de la pieza es cuando la carga produce un momento flector sobre la pieza. El valor exacto de este momento será de unos 5.7 Nm según la expresión (13).

$$(13) M_{284.78} = F_{284.78} * 0.28478m = 5.7 Nm$$

Y la fuerza aplicada a 35mm del apoyo según la ecuación (14).

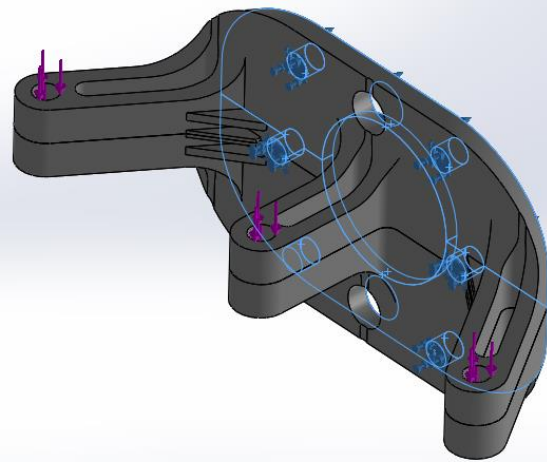
$$(14) F_{284.78} * 284.78 = F_{35} * 35 \rightarrow F_{35} = \frac{F_{284.78} * 284.78}{35mm} = \frac{20N * 284.78}{35mm} = 162.7N$$

Sujeciones y cargas

Sujeciones

Detalles Sujeciones:

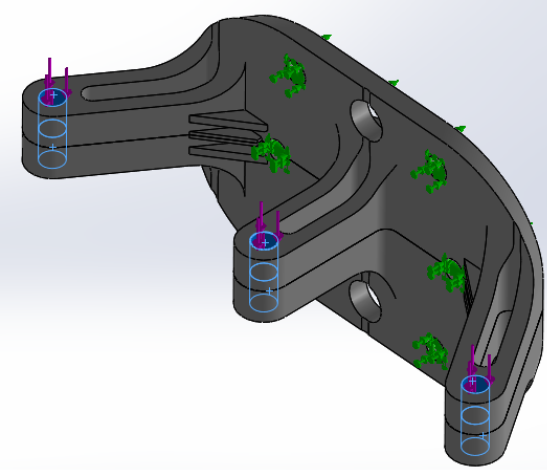
Nombre de carga	Fijo-1
Entidades	12 cara(s)
Tipo	Geometría fija
Identificador	1



Cargas

Detalles cargas:

Nombre de carga	Fuerza-1 (:Por elemento: -162 N:)
Entidades	6 cara(s), 1 plano(s)
Referencia	Front Plane
Tipo	Aplicar fuerza
Valores	---, ---, -162
Unidades	SI
Identificador	3



Nota:

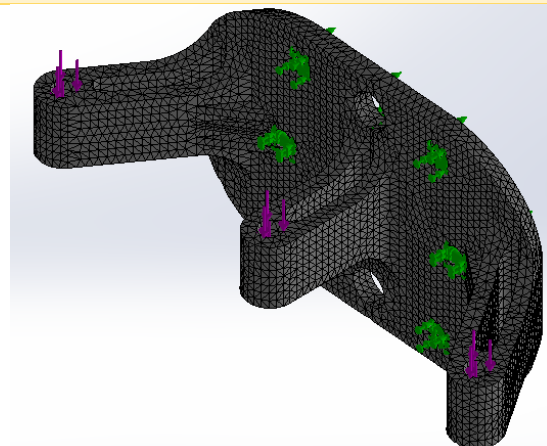
La carga se aplica de según la figura (longitudinalmente a los tornillos de montaje)

Información de malla

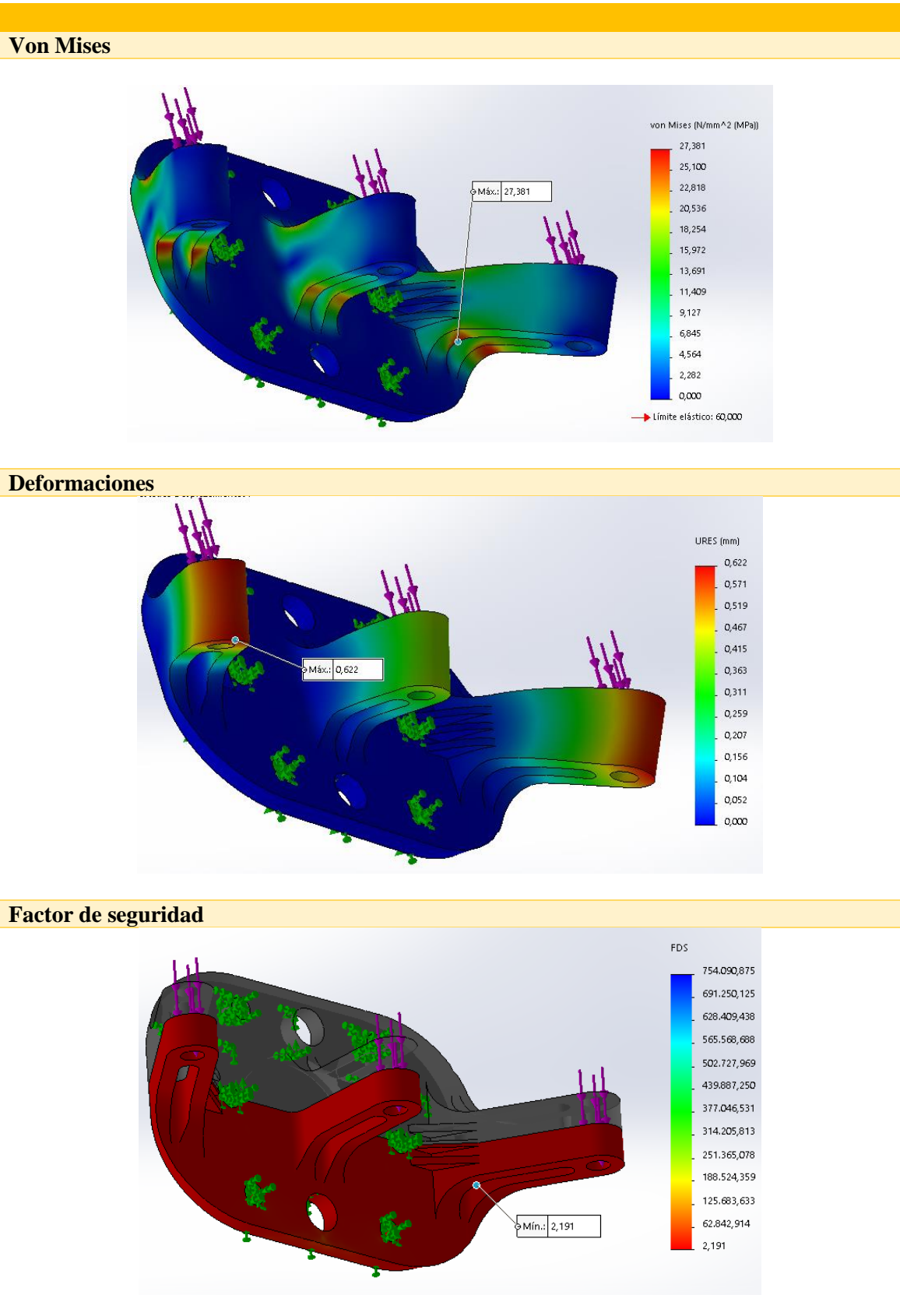
Malla

Detalles malla:

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado	Malla estándar
Transición automática	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla	Desactivar
Puntos jacobianos	4 puntos
Tamaño de elementos	2 mm
Tolerancia	0.1 mm
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden
Número total de nodos	83618
Número total de elementos	52455
Cociente de aspecto máximo	16.383
Porcentaje de elementos con cociente de aspecto < 3	99.5
Porcentaje de elementos con cociente de aspecto > 10	0.0438
% de elementos distorsionados (Jacobiano)	0
Regenerar la malla de piezas fallidas con malla incompatible	Desactivar
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss)	00:00:07



Resultados del estudio estática



Conclusiones de la simulación del soporte principal

La deformación es mínima de tan solo 0.6mm y la presión máxima de Von Mises llega a 27Mpa mientras que el límite elástico es 2 veces superior a este valor, con lo que el factor de seguridad exacto toma un valor de 2.2 y se demuestra que la pieza aguanta la carga.

10.2.3 Simulación soporte rail

Otra pieza crítica a analizar es soporte del rail que sirve de refuerzo de los dedos que prácticamente anula la fuerza de flexión de las barras.

Esta vez la carga de 20N se encuentra a una distancia de 202mm desde la base del soporte rail. Figura 108

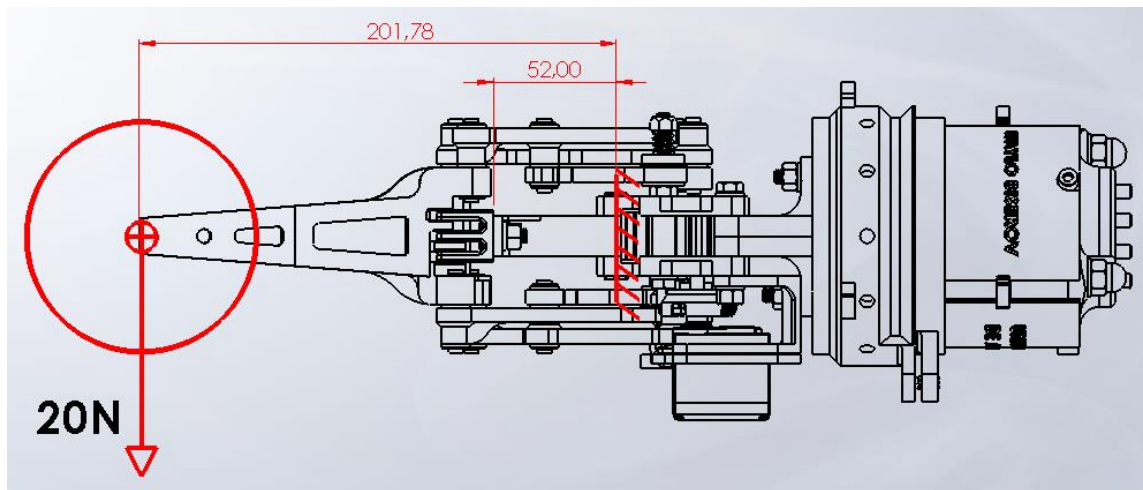


Figura 108. Esquema estudio estático del soporte rail

Esto generara la siguiente fuerza en la base del rail según la expansión (15).

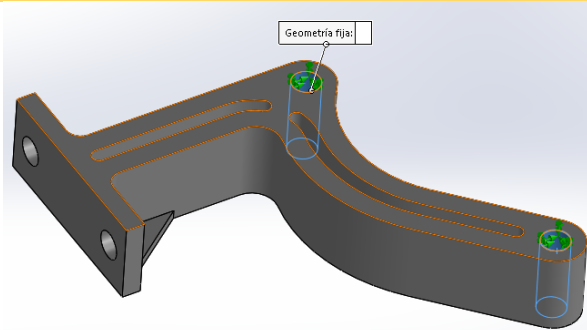
$$(15) F_{202} * 202 = F_{52} * 52 \rightarrow F_{52} = \frac{F_{202} * 202}{52mm} = \frac{20N * 202}{52mm} = 77.7N$$

Sujeciones y cargas

Sujeciones

Detalles Sujeciones:

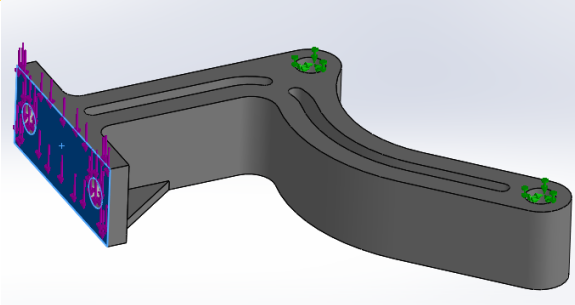
Nombre de carga	Fijo-1
Entidades	2 cara(s)
Tipo	Geometría fija
Identificador	1



Cargas

Detalles cargas:

Nombre de carga	Fuerza-1 (:Por elemento: 78 N:)
Entidades	1 cara(s), 1 plano(s)
Referencia	Front Plane
Tipo	Aplicar fuerza
Valores	..., ..., 78
Unidades	SI
Identificador	3



Nota:

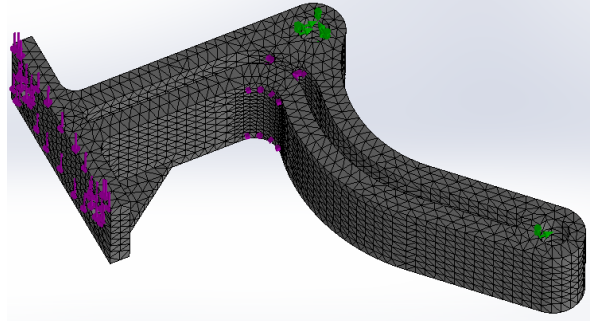
La carga se aplica de según la figura (paralelamente a la cara de sujeción)

Información de malla

Malla

Detalles malla:

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado	Malla estándar
Transición automática	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla	Desactivar
Puntos jacobianos	4 puntos
Control de malla	Definida
Tamaño de elementos	2 mm
Tolerancia	0.1 mm
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden
Número total de nodos	40583
Número total de elementos	25039
Cociente de aspecto máximo	8.1216
Porcentaje de elementos con cociente de aspecto < 3	99.7
Porcentaje de elementos con cociente de aspecto > 10	0
% de elementos distorsionados (Jacobianos)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss)	00:00:04



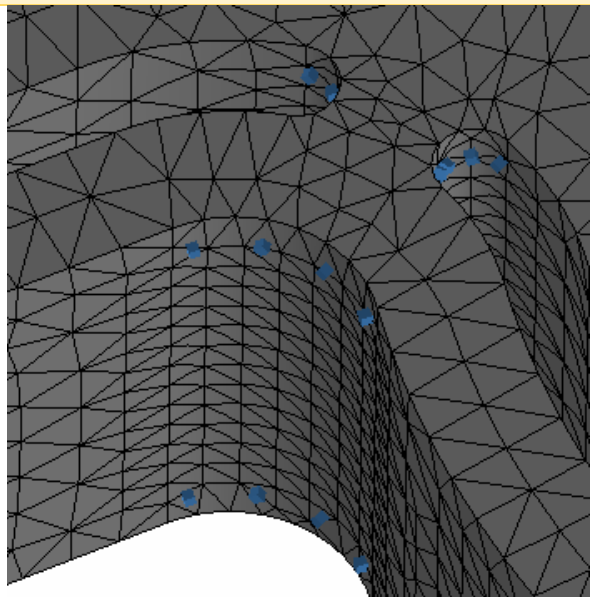
Control de malla

Detalles de control de malla:

Tipo de malla	Malla sólida
Entidades	5 cara(s)
Unidades	mm
Tamaño	1.2
Coficiente	1.5
Identificador	1

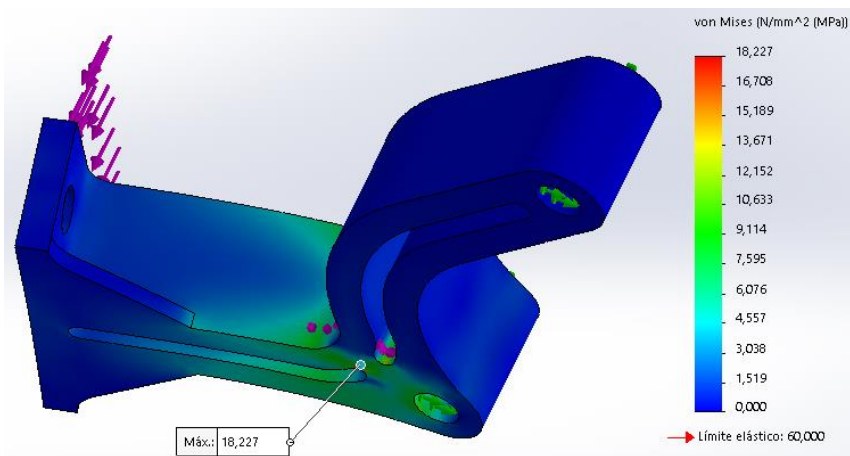
Nota:

Se aplica control de mallado en la zona de posibles fallos.

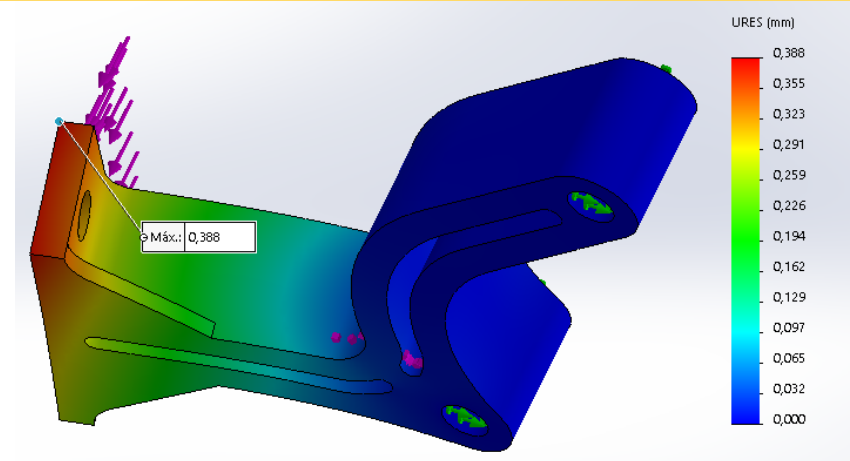


Resultados del estudio estático

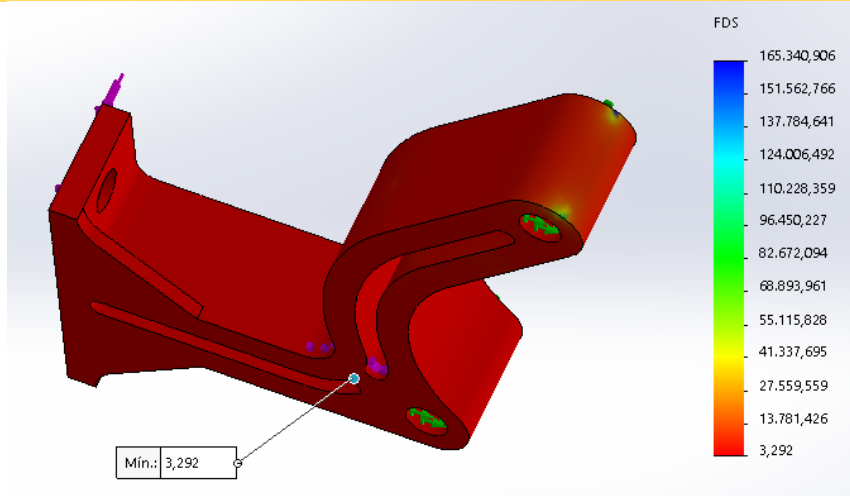
Von Mises



Deformaciones



Factor de seguridad



Conclusiones

La pieza no llegara a ninguna deformación permanente ya que FDS es más de 3 unidades lo que indica también que la tensión máxima de Von Mises no alcanzara el límite elástico, y las deformaciones máximas son menores al milímetro.

10.2.4 Simulación dedos de la pinza

Los dedos de la pinza son los que tienen el contacto directo con la carga y es importante que soporten la carga en todas las posiciones posibles sin que se deformen.

Se harán dos simulaciones diferentes para dos posiciones de los dedos mas desfavorables para obtener un resultado satisfactorio y averiguar en cual de ella el dedo presenta más deformación.

a. Carga aplicada perpendicularmente al movimiento del dedo según la Figura 109.

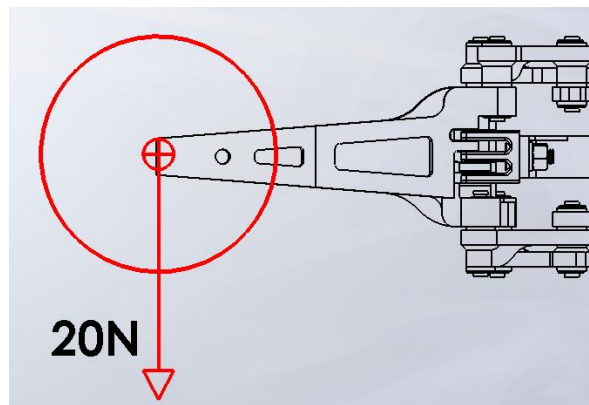


Figura 109. Esquema estudio estático con la carga aplicada perpendicularmente al movimiento del dedo

Sujeciones y cargas

Sujeciones

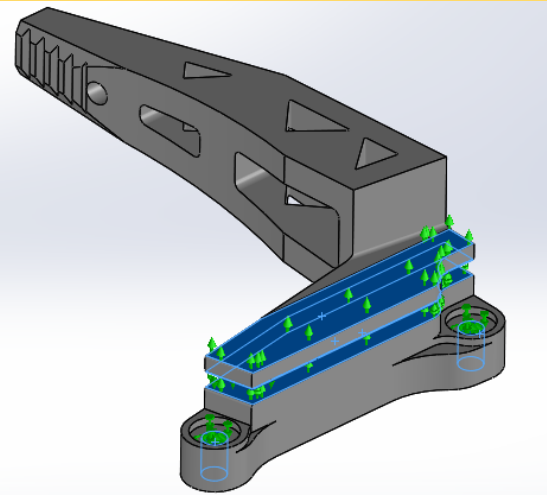
Detalles Sujeciones:

Tipo Fijo:

Nombre de carga	Fijo-1
Entidades	2 cara(s)
Tipo	Geometría fija
Identificador	1

Tipo Rodillo /Deslizante:

Nombre de carga	Rodillo/Control deslizante-1
Entidades	3 cara(s)
Tipo	Rodillo/Control deslizante
Identificador	2



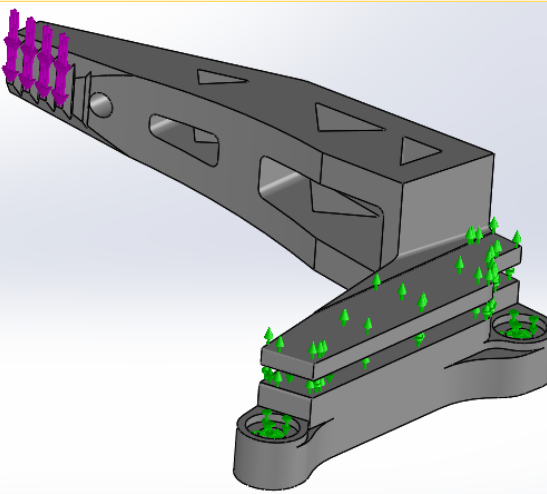
Cargas

Detalles cargas:

Nombre de carga	Fuerza-1 (:Por elemento: 20 N:)
Entidades	4 cara(s), 1 plano(s)
Referencia	Front Plane
Tipo	Aplicar fuerza
Valores	---, ---, 20
Unidades	SI
Identificador	4

Nota:

La carga se aplica de según la figura (perpendicularmente al movimiento del dedo).

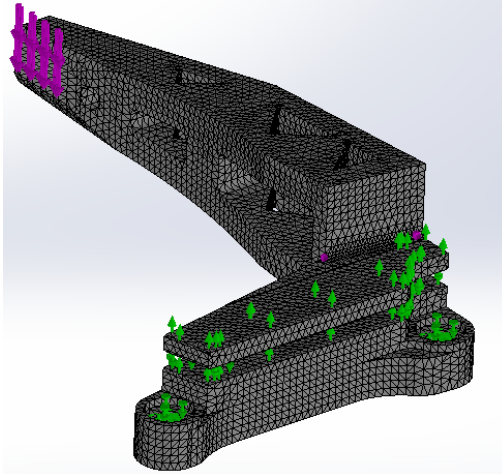


Información de malla

Malla

Detalles malla:

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado	Malla estándar
Transición automática	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla	Desactivar
Puntos jacobianos	4 puntos
Control de malla	Definida
Tamaño de elementos	2 mm
Tolerancia	0.1 mm
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden
Número total de nodos	131086
Número total de elementos	86253
Cociente de aspecto máximo	20.806
Porcentaje de elementos con cociente de aspecto < 3	98.5
Porcentaje de elementos con cociente de aspecto > 10	0.0568
% de elementos distorsionados (Jacobiano)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss)	00:00:08



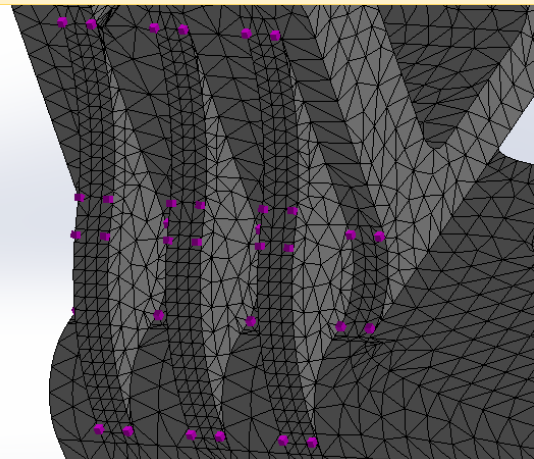
Control de malla

Detalles de control de malla:

Tipo de malla	Malla sólida
Entidades	13 cara(s)
Unidades	mm
Tamaño	1
Coficiente	1.5
Identificador	1

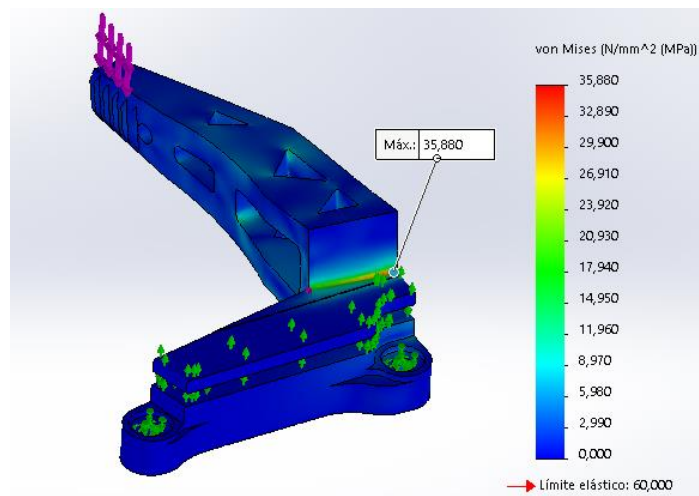
Nota:

Se aplica control de mallado en la zona de posibles fallos.

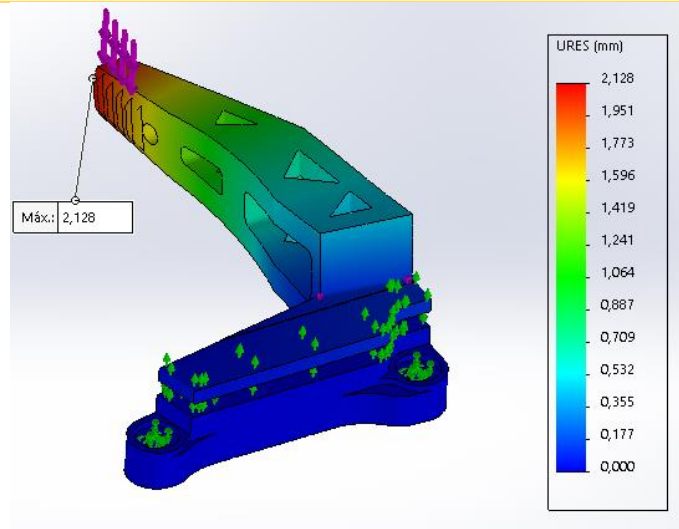


Resultados del estudio estático

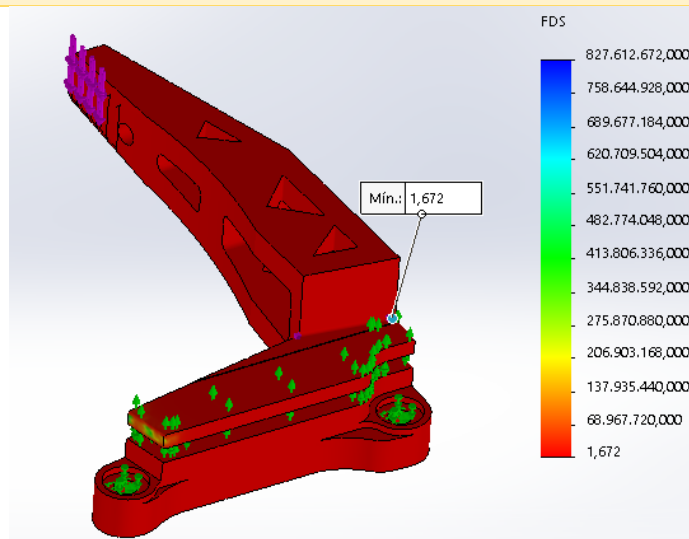
Von Mises



Deformaciones



Factor de seguridad



b. Carga aplicada paralelamente al movimiento del dedo según la Figura 110.

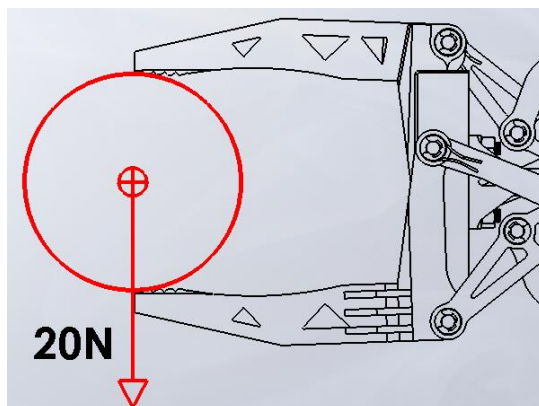


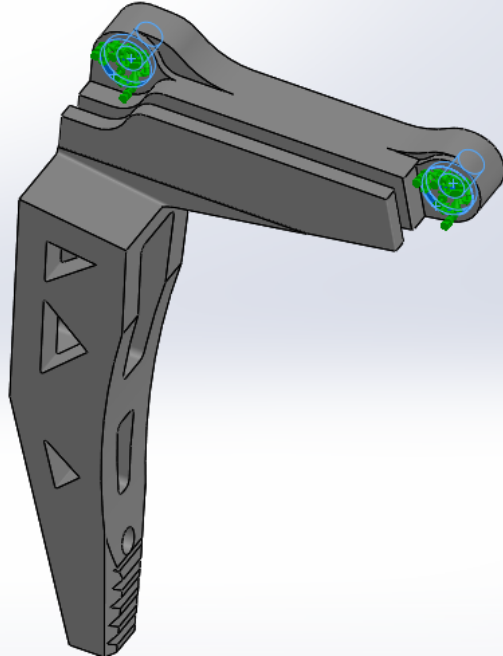
Figura 110. Esquema de estudio estático con la carga aplicada paralelamente al movimiento del dedo

Sujeciones y cargas

Sujeciones

Detalles Sujeciones:

Nombre de estudio	Análisis estático 2 (-Default-)
Nombre de carga	Fijo-1
Entidades	4 cara(s)
Tipo	Geometría fija
Identificador	2



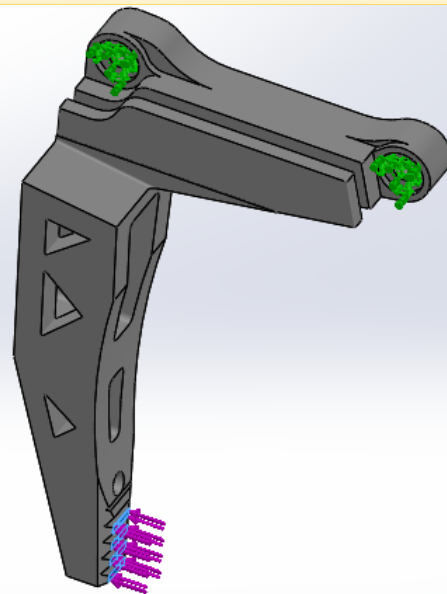
Cargas

Detalles cargas:

Nombre de estudio	Análisis estático 2 (-Default-)
Nombre de carga	Fuerza-1 (:Por elemento: 20 N:)
Entidades	4 cara(s)
Tipo	Aplicar fuerza normal
Valor	20
Unidades	SI
Identificador	4

Nota:

La carga se aplica de según la figura (paralelamente al movimiento del dedo).

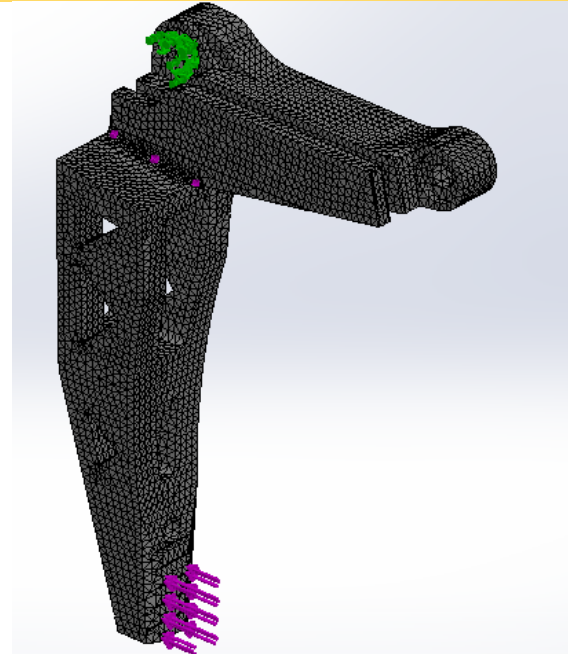


Información de malla

Malla

Detalles malla:

Nombre de estudio	Análisis estático 2 (-Default-)
Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado	Malla estándar
Transición automática	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla	Desactivar
Puntos jacobianos	4 puntos
Control de malla	Definida
Tamaño de elementos	2 mm
Tolerancia	0,1 mm
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden
Número total de nodos	118538
Número total de elementos	77567
Cociente de aspecto máximo	27,419
Porcentaje de elementos con cociente de aspecto < 3	98,5
Porcentaje de elementos con cociente de aspecto > 10	0,0683
% de elementos distorsionados (Jacobiano)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss)	00:00:07



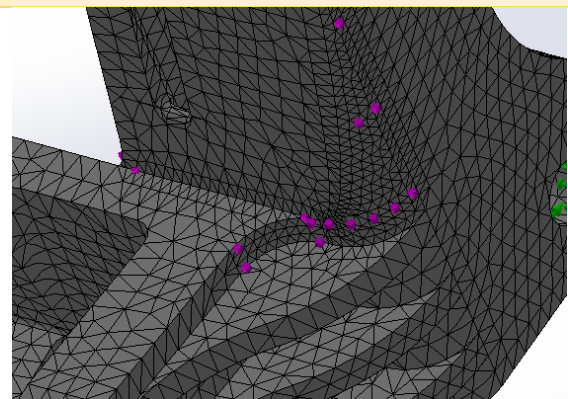
Control de malla

Detalles de control de malla:

Nombre de estudio	Análisis estático 2 (-Default-)
Tipo de malla	Malla sólida
Entidades	1 arista(s), 3 cara(s)
Unidades	mm
Tamaño	1
Coefficiente	1.5
Identificador	1

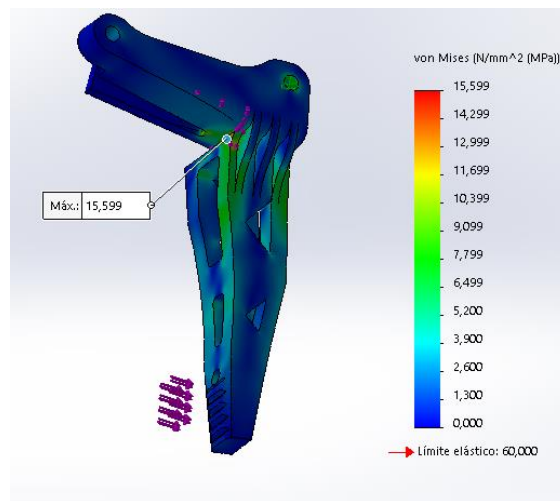
Nota:

Se aplica control de mallado en la zona de posibles fallos.

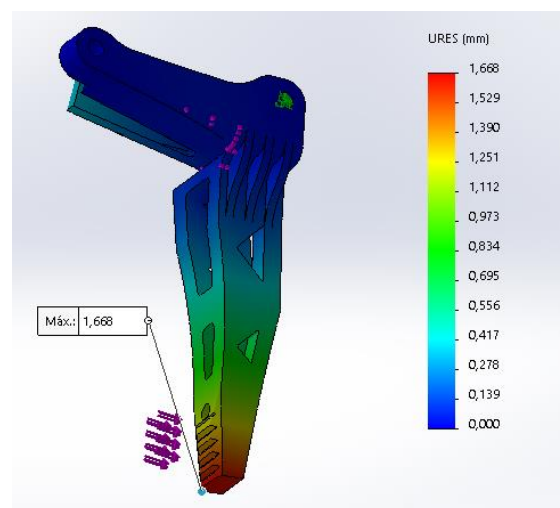


Resultados del estudio estático

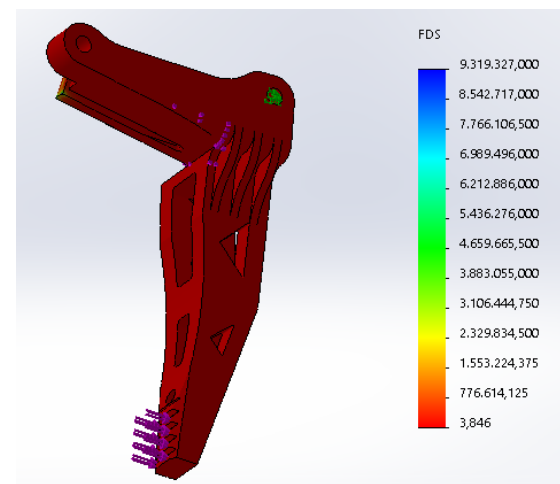
Von Mises



Deformaciones



Factor de seguridad



Conclusiones de la simulación del dedo de la pinza

De los dos casos anteriores se puede observar que en el primero (Carga aplicada perpendicularmente al movimiento del dedo) se obtiene un valor de 35.8Mpa que es por debajo del límite elástico pero un valor del FDS inferior al 2 lo que demuestra que tenemos más peligro de una rotura en el caso cuando la carga actúa perpendicularmente al movimiento de la pinza. Es resultado se debe a una concentración de tensiones en la zona indicada en la Figura 111.

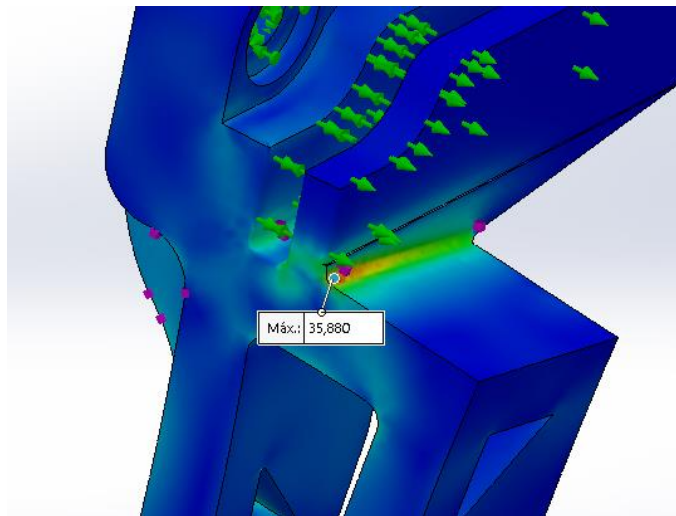


Figura 111. Imagen estudio estático dedo

Se debe de tener en cuenta que en el primer caso la carga se distribuye entre los 2 dedos que tiene la pinza con lo que la carga no será aplicada totalmente en uno de los dedos, sino que se distribuye entre ellos combinada con otras fuerzas de agarre. El caso se ha propuesto como una prueba extrema con lo que podemos asegurar que la pinza en condiciones normales no sufrirá ninguna deformación peligrosa que llevará al cabo a un fallo de la pieza.

10.3 Simulaciones Taladro

El elemento terminal en concreto, el taladro también lleva piezas que pueden dañarse durante el funcionamiento de la misma. En este apartado se van a analizar 2 piezas, el soporte principal del taladro y las barras deslizantes. Se supone le peor de los casos en los cuales se aplica una fuerza en dirección perpendicular a las barras de 20N. Figura 112.

La dirección de esta fuerza es un caso particular que no es habitual durante el trabajo del taladro sino un caso específico extremo para comprobar las propiedades estáticas de la estructura y asegurar un buen futuro funcionamiento.

No se hará simulación del acople universal ya que en el apartado anterior fue analizado detalladamente con una carga superior.

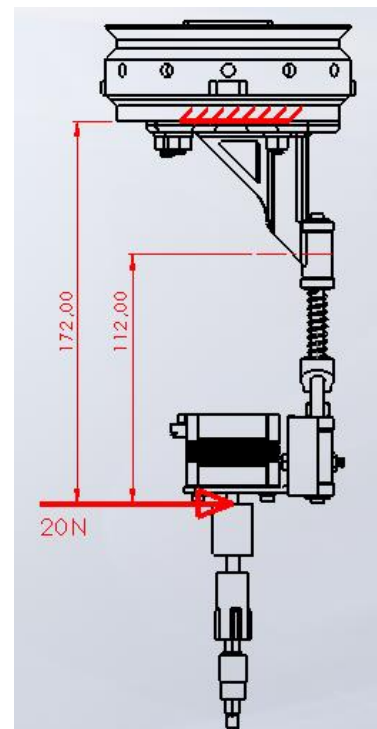


Figura 112. Esquema estudio estático Taladro

Sujeciones y cargas

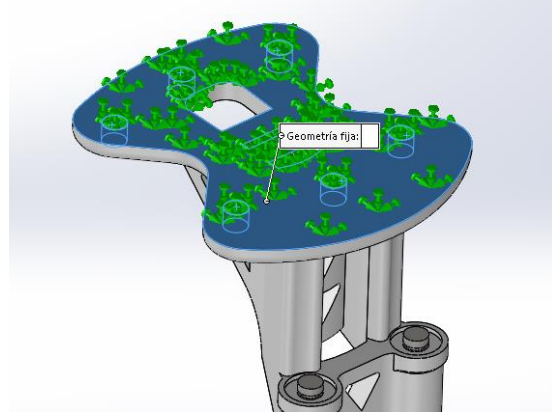
Sujeciones

Detalles Sujeciones:

Nombre de carga	Fijo-1
Entidades	7 cara(s)
Tipo	Geometría fija
Identificador	1

Nota:

El contacto entre las piezas es de tipo contacto global (Unión rígida) solo para las finalidades de esta simulación.

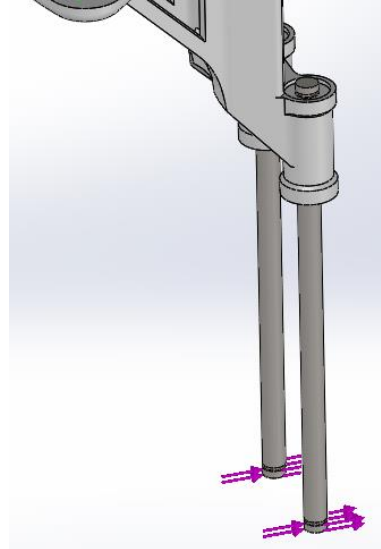


Cargas

Detalles cargas:

Nota:

La carga se aplica de según la figura (perpendicularmente a las barras).

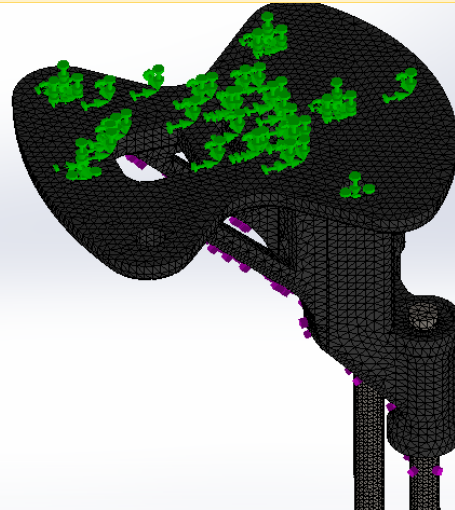


Información de malla

Malla

Detalles malla:

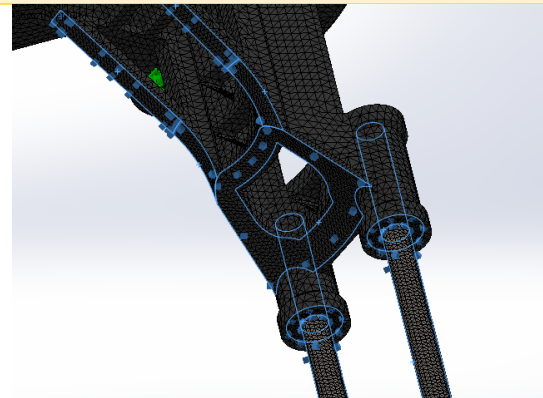
Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado	Malla estándar
Transición automática	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla	Desactivar
Puntos jacobianos	4 puntos
Control de malla	Definida
Tamaño de elementos	1.8 mm
Tolerancia	0.09 mm
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden
Número total de nodos	197417
Número total de elementos	129091
Cociente de aspecto máximo	34.083
Porcentaje de elementos con cociente de aspecto < 3	99.1
Porcentaje de elementos con cociente de aspecto > 10	0.0279
% de elementos distorsionados (Jacobiano)	0
Regenerar la malla de piezas fallidas con malla incompatible	Desactivar
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss)	00:00:10
Nombre de computadora	IVAYLO-ASUS



Control de malla

Detalles de control de malla:

Tipo de malla	Malla sólida
Entidades	9 cara(s)
Unidades	mm
Tamaño	1
Coefficiente	1.5
Identificador	1

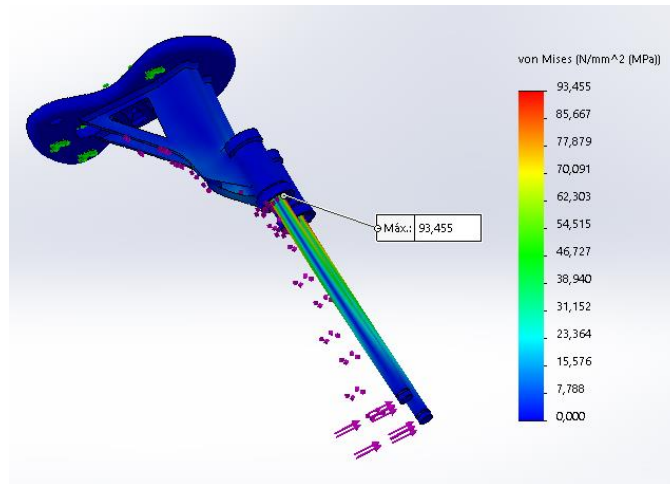


Nota:

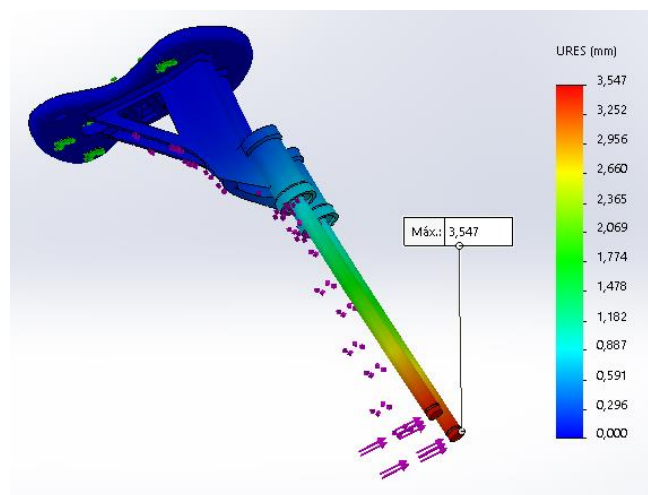
Se aplica control de mallado en la zona de posibles fallos.

Resultados del estudio estático

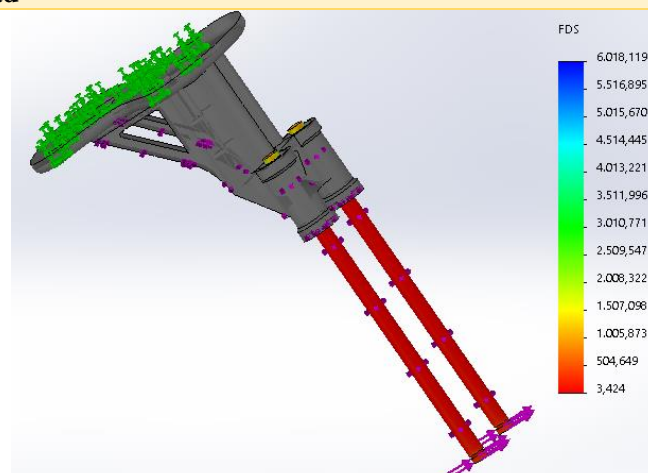
Von Mises



Deformaciones



Factor de seguridad



Conclusiones de la simulación del dedo de la pinza

Después de analizar los resultados se puede concluir que según la gráfica de tensiones de Von Mises la pieza del soporte principal no llega a valores cercanos del límite elástico del PLA (60 MPa) y las barras llegan a tener un valor de 93,4 MPa lo que también queda muy por debajo del límite elástico del Acero Inoxidable 1.4016 (500MPa). El desplazamiento máximo del conjunto es de 3.5mm y el FDS del acero más de 3 unidades.

11 Anexo 3 - Impresión 3D

La creación del prototipo diseñado en este trabajo requiere la manufactura de una amplia variedad de piezas. Para hacer el prototipo realidad se ha procedido a una impresión de las piezas mediante impresión 3D. La impresión 3D es ideal para la construcción y comprobación de prototipos ya que tiene un bajo coste en cuanto se trata de hacer unidades en lotes muy reducidos.

A continuación, se verá el proceso de realización de la pieza de unión del acople universal.

11.1 Creación de un modelo 3D mediante diseño asistido por ordenador (CAD)

En este primer paso se hace un modelo virtual 3D utilizando software de modelado 3D como Blender, SketchUp, AutoCad, SolidWorks, Maya, entre otros. Es este trabajo se ha utilizado SolidWorks. La pieza se diseña en el software con las dimensiones requeridas como se indica en la Figura 113.

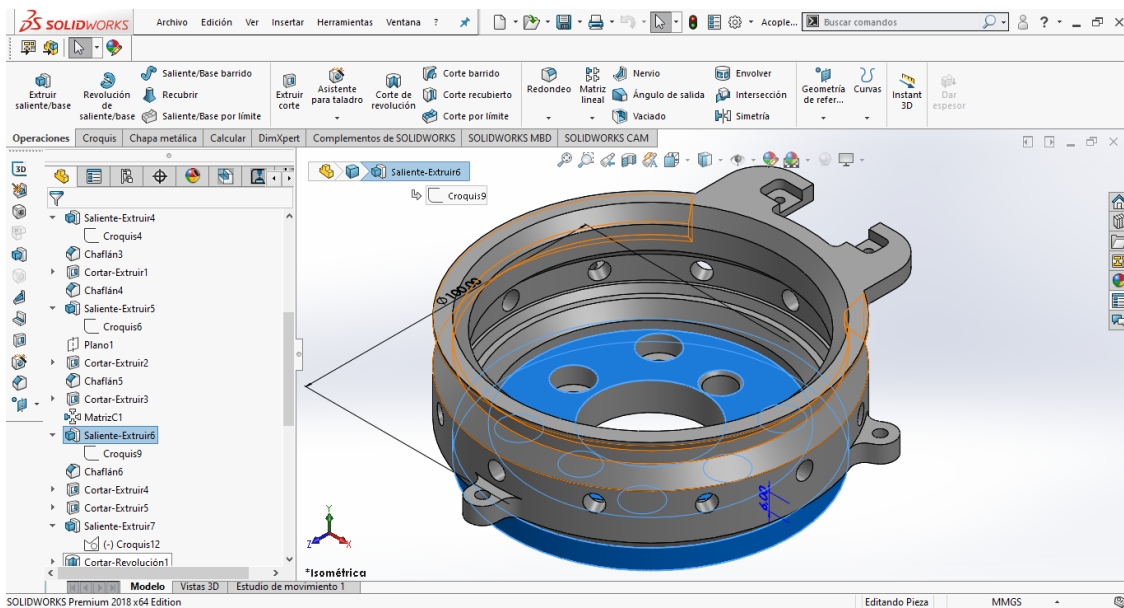


Figura 113. Imagen de solidworks de diseño de una pieza

Hay algunos requisitos de diseño que los archivos 3D tienen que cumplir antes de ir a la impresora. Al diseñar para la fabricación aditiva, hay que tener en cuenta que la pieza tiene que ser realista. Se debe de tener en cuenta algunos aspectos como el tamaño adecuado de la escala, el grosor mínimo de la pared, la estanqueidad, etc.

Exportación a STL formato:

Una vez terminado el diseño CAD debe de exportarse como STL archivo. SolidWorks y la mayoría de los softwares de diseño 3D permiten la exportación directa a STL. Ver Figura 114.

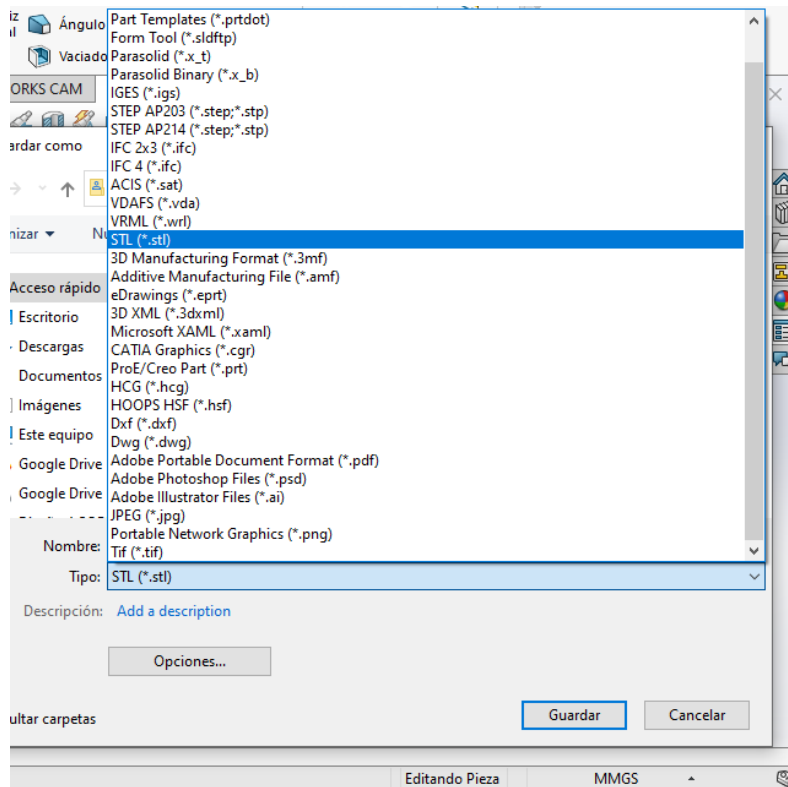


Figura 114. Proceso de exportación de un archivo STL

11.2 Rebanado (Slicing). Creación de G-code

Antes de llevar el modelo a la impresora hay que convertir el modelo 3D en un archivo que la impresora puede interpretar; un archivo de código G. El código G es un lenguaje muy utilizado en la fabricación asistida por ordenador para el control de máquinas-herramientas automatizadas, CNC (controles numéricos por ordenador). Ejemplo de maquinaria que hace uso de este lenguaje son tornos y fresadoras CNC.

Para convertir un modelo 3D a un código G surge la necesidad de otro software que puede hacer dicha tarea. Una de las herramientas más usadas en el ULTIMAKER CURA, aplicación específicamente desarrollada para impresoras 3D. Ver Figura 115.

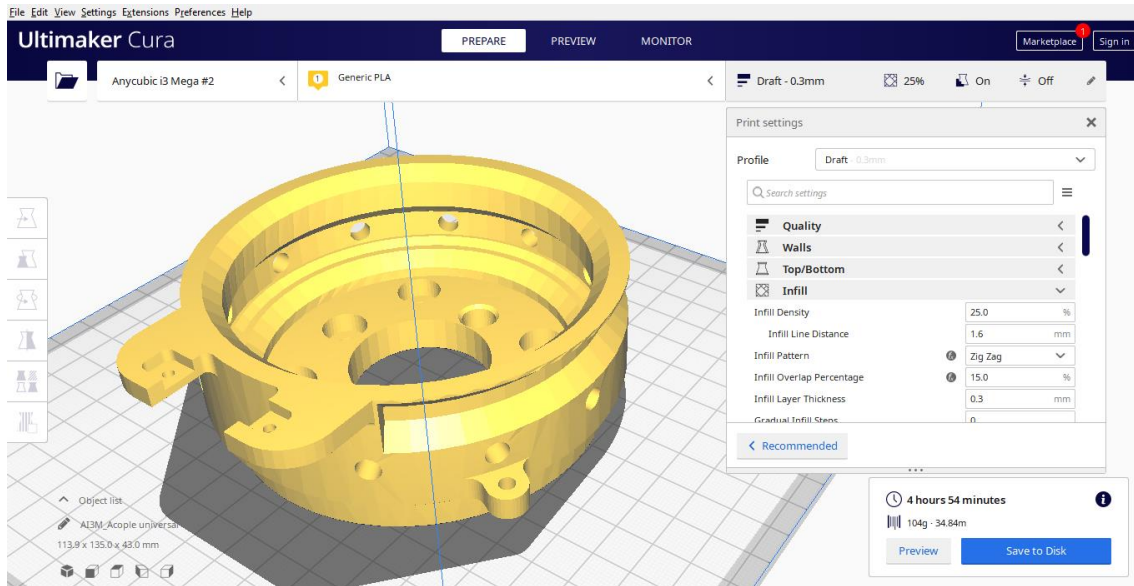


Figura 115. Imagen de preparación de impresión 3D usando el software de CURA

El modelo 3D se abre desde el software de CURA y se coloca de la forma más adecuada, intentando minimizar la necesidad de soportes. Los soportes son estructuras creadas por el programa para apoyar las zonas donde la nueva capa no tiene para apoyar. Ver Figura 116. Estos soportes hacen un mal acabado superficial en la zona de contacto con la pieza y necesitan un extra de material para su creación.

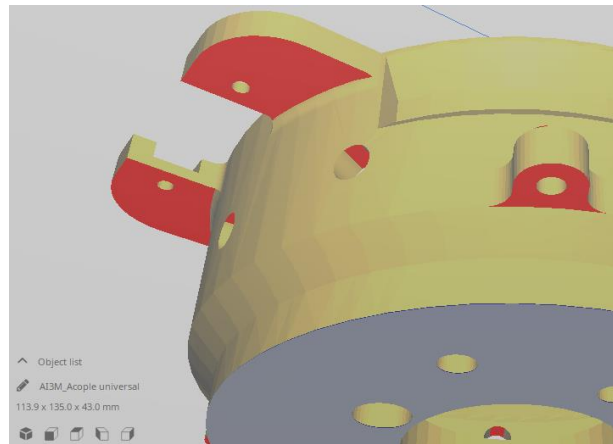


Figura 116. Imagen de zonas de creación de soportes

Después del correcto posicionamiento de la pieza se deben de configurar una serie de factores variables que tienen gran importancia a la hora de la impresión. La temperatura de la boquilla, la temperatura de la cama, la densidad del material, la velocidad de impresión, la altura de la capa y otros factores. Deben de ser elegidos correctamente para una impresión correcta. Ver Figura 117.

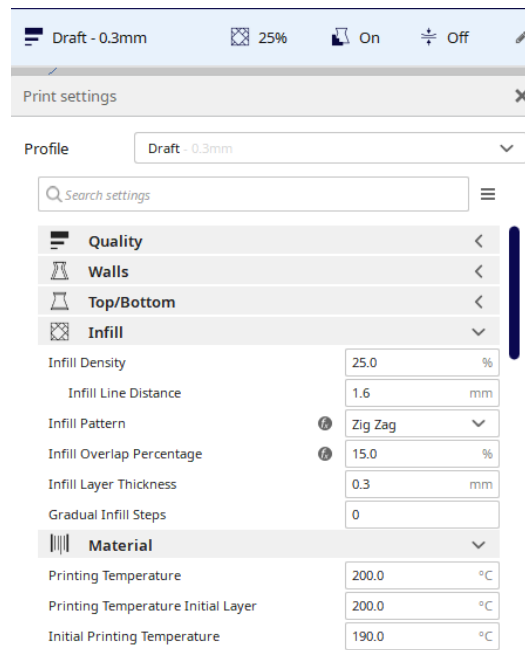


Figura 117. Imagen de algunos parámetros de CURA para la impresión 3D

En la Figura 118 se analiza el último paso antes de imprimir la pieza. Se observan las diferentes capas y la trayectoria de la boquilla por capa. También se obtiene los datos físicos de la futura pieza como el peso, la longitud de material a gastar, el tiempo de impresión, etc.

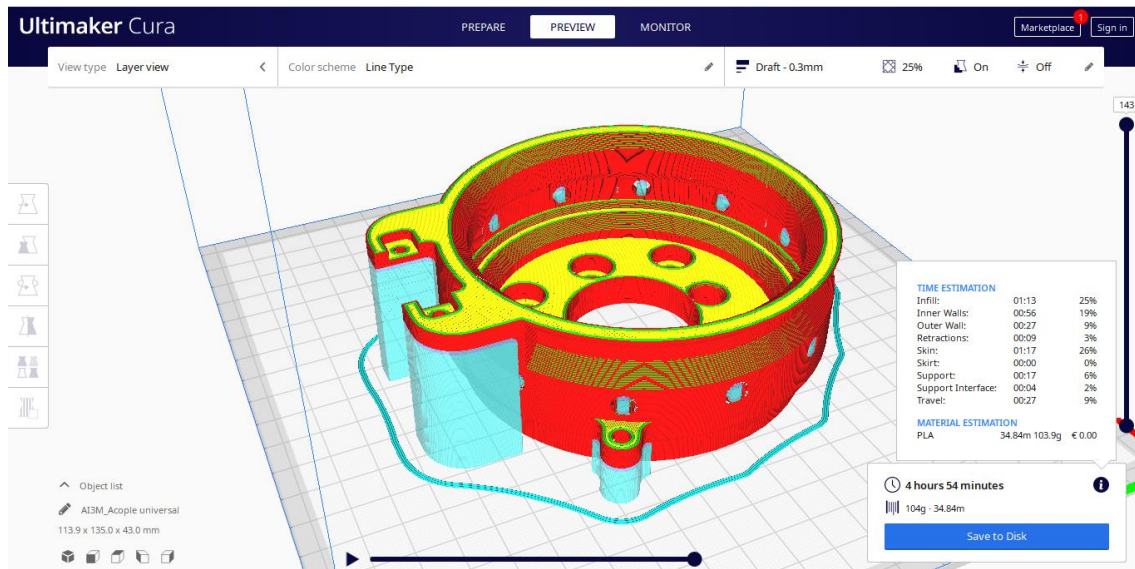


Figura 118. visualización de la trayectoria de la impresión por capas

Posteriormente se guarda la pieza para continuar con el siguiente paso, la impresión.

11.3 Impresión

Mediante un USB, tarjeta de memoria, cable ethernet o vía online se carga el archivo del código G obtenido en CURA y se pone en marcha la impresora. En este trabajo se utilizó la impresora ANYCUBIC i3 MEGA. Ver Figura 119.



Figura 119. Imagen de la impresora ANYCUBIC i3 MEGA

En la Figura 120 se muestran algunas especificaciones de la impresora. Se pueden consultar en detalle en [8].

www.anycubic.com

Technical Specification

Printing

Technology:	FDM (Fused Deposition Modeling)
Build Size:	210×210×205 (mm ³)
Layer Resolution:	0.05–0.3 mm
Positioning Accuracy:	X/Y 0.0125mm, Z 0.002mm
Extruder Quantity:	Single
Nozzle/Filament Diameter:	0.4 mm/1.75mm
Print Speed:	20~100mm/s (suggested 60mm/s)
Travel Speed:	100mm/s
Supported Materials:	PLA, ABS, HIPS, Wood

Temperature

Ambient Operating Temperature:	8 °C - 40 °C
Operational Extruder Temperature:	max 260 °C
Operational Print Bed Temperature:	max 100 °C

Software

Slicer Software:	Cura
Software Input Formats:	.STL, .OBJ, .DAE, .AMF
Software Output Formats:	GCode
Connectivity:	SD card; USB port(expert users only)

Figura 120. Especificaciones técnicas de la impresora 3D ANYCUBIC i3 MEGA

Es importante que la impresora esté bien calibrada para conseguir una pieza con un buen acabado y forma. La distancia entre la cama y la boquilla deben de ser constantes durante el proceso de impresión. Observar Figura 121. Para la comprobación de la distancia es buena práctica el uso de un folio A4, la boquilla se desplaza manualmente hacia las esquinas de la cama con el papel entre ellos. Las tuercas de ajuste hacen bajar o subir la cama según el sentido de giro. El papel se hace mover circularmente y la tuerca se ajusta hasta que el papel se quede ligeramente apretado entre la boquilla y la cama. El proceso se repite para el resto de las esquinas.

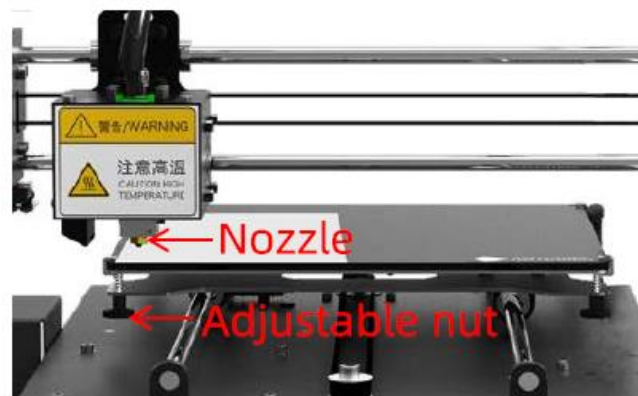


Figura 121. Imagen de calibración de ANYCUBIC i3 MEGA mediante un folio A4

El proceso de calibración es específico para las diferentes impresoras.

Ya que la impresora trabaja bajo condiciones térmicas específicas es importante que esté ubicada en un ambiente adecuado. Se deben de evitar ambientes de temperaturas bajas o corrientes de aire fuertes que puede llegar a deformar pieza que esta en proceso de impresión.

Una vez comprobados todos los factores citados anteriormente se puede proceder a la impresión de la pieza.

11.4 Extracción de las piezas de la impresora

La impresión 3D es un proceso de fabricación bastante lento comparado con otros procesos. La pieza en concreto tuvo un tiempo de impresión de unas 5 horas bajo las configuraciones propuestas. Ver Figura 122.



Figura 122. Imagen de una pieza impresa 3D que forma parte del prototipo

No se debe de olvidarse que la impresora debe de permanecer un tiempo para enfriarse después de la impresión y posteriormente extraer la pieza.

11.5 Post-procesamiento

Las piezas impresas en 3D suelen ser rugosas y no tienen un tacto perfecto, pero existe la posibilidad de mejora.

Mediante el lijado, el pulido, la pintura y otros métodos de post-procesamiento, las piezas impresas pueden convertirse en un modelo real del concepto inicial.

11.6 Tipo de Filamento

El material de suministro (Filamento) es otro factor importante. Los materiales plásticos más utilizados son el PLA y el AB.

Filamento PLA: El plástico de impresión 3D más común. Presenta alta rigidez y buen acabado final. El PLA es un termoplástico biodegradable para la creación de prototipos no funcionales de bajo coste. No es apto para altas temperaturas.

Filamento ABS: otro plástico con mejores propiedades mecánicas y térmicas que el PLA. El ABS es un termoplástico con buenas propiedades mecánicas y excelente resistencia al impacto, superior al PLA pero con detalles menos definidos.

12 Anexo 4 – Esquema eléctrico de la simulación

Mediante la ayuda del Arduino se ha hecho una simulación para comprobar el correcto funcionamiento del prototipo. Se llevó a cabo la puesta en marcha del acoplador universal y la pinza de seis barras mediante instrucciones manuales procesadas por el Arduino.

12.1 Esquema eléctrico

Se trata de una simulación que consta de un potenciómetro que dirige al elemento terminal de la pinza de seis barras y otro pulsador que activa o desactiva el acoplador. Tanto el acoplador universal como la pinza se controlan por mediante servomotores. Según la Figura 123 el esquema funciona de la siguiente manera:

La señal del pulsador llega al Arduino donde se procesa y hace que el servomotor este en posición de cerrar o abrir el mecanismo de la leva (0° o 90°). No se admite parada en una posición intermedia en este intervalo, el motor debe de estacionarse en las posiciones de 0° o 90° por lo que el pulsador se introduce en el esquema ya que se necesita una señal tipo 0-1.

El potenciómetro controla a la pinza de seis barras, y el servo motor integrado al elemento terminal permite un giro máximo posible de 180° .

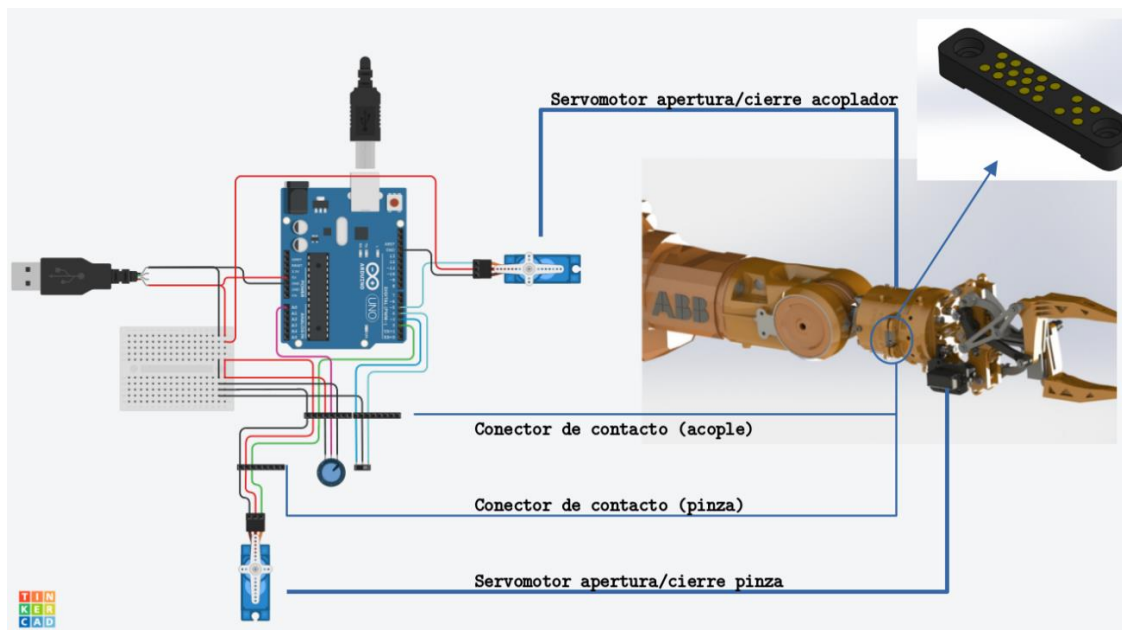


Figura 123. Esquema eléctrico de la simulación del acoplador y la pinza de seis barras

Entre el Arduino y los actuadores (servomotores) se encuentra el conector de pines de contacto que tiene un total de 19 pines. Un servomotor necesita el uso de 3 pines para su control mientras que un motor paso a paso suele tener 4 pines. El conector propuesto en el proyecto permite en uso de varios elementos terminales. Existe la posibilidad de integrar más conectores para ampliar la capacidad el brazo robótico e integrar mas elementos terminales.

La prueba demuestra el correcto funcionamiento de todos los componentes que forman parte del diseño. Se puede observar en Figura 124.

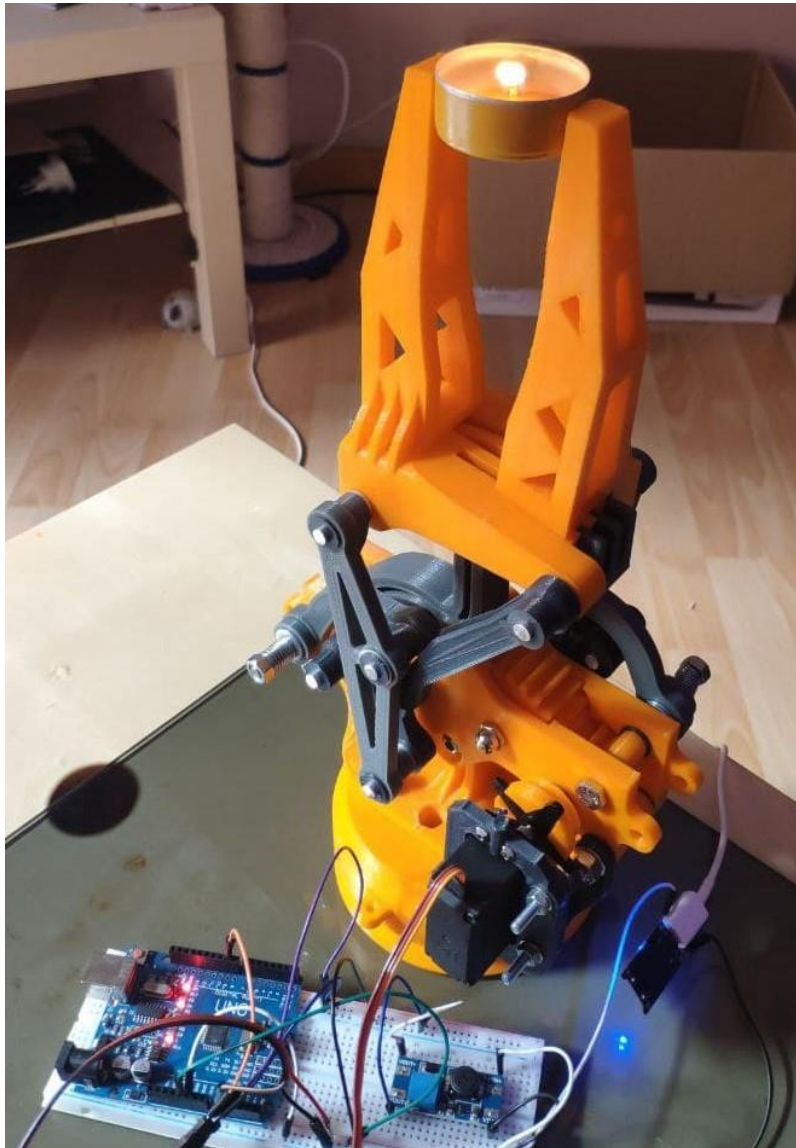


Figura 124.Imagen del esquema eléctrico para el control de la pinza de seis barras

DOCUMENTO 2: MEDICIONES Y PRESUPUESTO

1. Mediciones

En este documento se exponen las cantidades y precios de cada una pieza y elemento usados para la creación y construcción del proyecto

En las siguientes tablas se presentan las cantidades exactas de los componentes incluidos en el prototipo subdivididas en tres categorías; piezas mecanizas especiales en Tabla 2, componentes mecánicos normalizados en Tabla 3 y elementos electricos en Tabla 4.

1.1. Tabla de piezas mecanizas espaciales.

Tabla 2. Tabla de piezas mecanizas espaciales

Modulo	Pieza	Cantidad
Acople universal	Base inferior	1
	Base superior	1
	Arandela de leva	1
	Eje leva	1
	Tope cónico Superior	1
	Adaptador robot	1
	Vástago	3
	Soporte principal	1
	Soporte del servomotor	1
	Carcasa protectora	1
	Acople cruz	1
	Guía cónica	2
	Cruz servomotor	1
	Muelle del vástago	3
	Elemento terminal 1: Pinza de seis barras	Base pinza de 6 barras
Barra 3 puntos (engranaje)		2
Engranaje z20		2
Engranaje z10		1
Barra 3 puntos deslizante		2
Barra 2 puntos deslizante		2
Barra 2 puntos excéntrica		2
Eje 31		4
Dedo pinza		2
Eje 32		2
Eje 35		4
Cilindro cónico (barra excéntrica)		2
Casquillo separador		1
Guía rail		1
Soporte guía-rail		1
Acople universal pinza		1
Conexión acople-base		2
Cruz servomotor		1
Acople motor pinza de 6 barras		1
Adaptador motor paso a paso		1
soporte motor pinza		1
Eje servomotor		1
Chaveta 3x3 a 20		3

	Muelle 10mm	2
Elemento terminal 2: Taladro con adaptador universal	Acople universal Taladro soporte principal	1
	barra deslizante	2
	Soporte motor	1
	Base resortes	1
	Base motor	1
	Acople aluminio	1
	Fijador adaptador	1
	Adaptador Hexágono – cuadrado	1
	Muelle 40 mm	2

1.2. Tabla de los componentes mecánicos normalizados:

Tabla 3. Tabla de los componentes mecánicos normalizados

Modulo	Componente normalizado	Cantidad
Acople universal	ISO 4762 M6 x 40 - 24N	6
	ISO 8738 - 6	6
	ISO 4014 - M8 x 80 x 22-N	23
	ISO - 4034 - M6 - N	6
	DIN 1587 - M8 --NNU	3
	DIN 125 - A 8.4	3
	DIN 967 - M4 x 8 - Z --- 6.6N	2
	DIN 7991 - M6 x 30 --- 23.7N	4
	DIN 7984 - M4 x 12 --- 9.9N	4
	DIN 562 M4 -N	4
	ISO 4762 M5 x 10 - 10N	3
Elemento terminal 1: Pinza de seis barras	ISO 4014 - M6 x 50 x 18-N	2
	ISO 4015 - M6 x 60 x 18-S	2
	DIN 6799 - 5	22
	ISO 7089 - 6	49
	ISO - 4034 - M6 - N	15
	ISO 7046-1 - M6 x 20 - Z - 20S	2
	ISO 4762 M6 x 30 - 30S	1
	ISO 4762 M6 x 30 - 30N	1
	ISO 4762 M6 x 25 - 25N	1
	ISO 4762 M6 x 16 - 16N	5
	ISO 7093 - 6	2
	ISO 4014 - M6 x 40 x 18-S	1
	ISO 7719-M6-N	2
	ISO 4016 - M6 x 50 x 18-WS	1
	Elemento terminal 2: Taladro con adaptador universal	ISO 4762 M6 x 40 - 40S
ISO 4762 M6 x 20 - 20S		6
ISO 4762 M3 x 10 - 10N		4
ISO 7089 - 6		23
ISO 7089 - 4		2
ISO - 4034 - M6 - N		7
DIN 6799 - 5		4
ISO 4015 - M4 x 25 x 14-S		2
ISO 10673-3.2-S		3
ISO 10673-2.75-S		1

ISO - 4032 - M4 - W - N

2

1.3. Tabla de los componentes eléctricos:

Tabla 4. Tabla de los componentes eléctricos

Modulo	Componente eléctrico	Cantidad
Acople universal	MG996R Servo	1
	Conector macho	1
Elemento terminal 1: Pinza de seis barras	MG996R Servo	1
	Conector hembra	1
Elemento terminal 2: Taladro con adaptador universal	Conector Hembra	1
	JLB Stepper Motor 17HS1352	1

2. Presupuesto

2.1. Costes de materiales

Los materiales empleados en este diseño fueron principalmente materiales para impresión 3D, materiales de tornillería y otros elementos eléctricos como motores y cableado

PLA fue el filamento empleado en la impresión 3D para la obtención de los componentes que forman parte del prototipo. La cantidad usada del filamento se puede obtener exactamente mediante el software de CURA donde se puede obtener la longitud y el peso de filamento usado para cada una de las piezas. En el ejemplo de la Figura 125 se indica que una de las piezas del acople universal usará 104 gramos y 34.84m de filamento para su elaboración. En el resultado se incluye el peso del soporte indicado en azul en la Figura 125 que posteriormente se separa de la pieza como un deshecho con posibilidad de reciclaje.

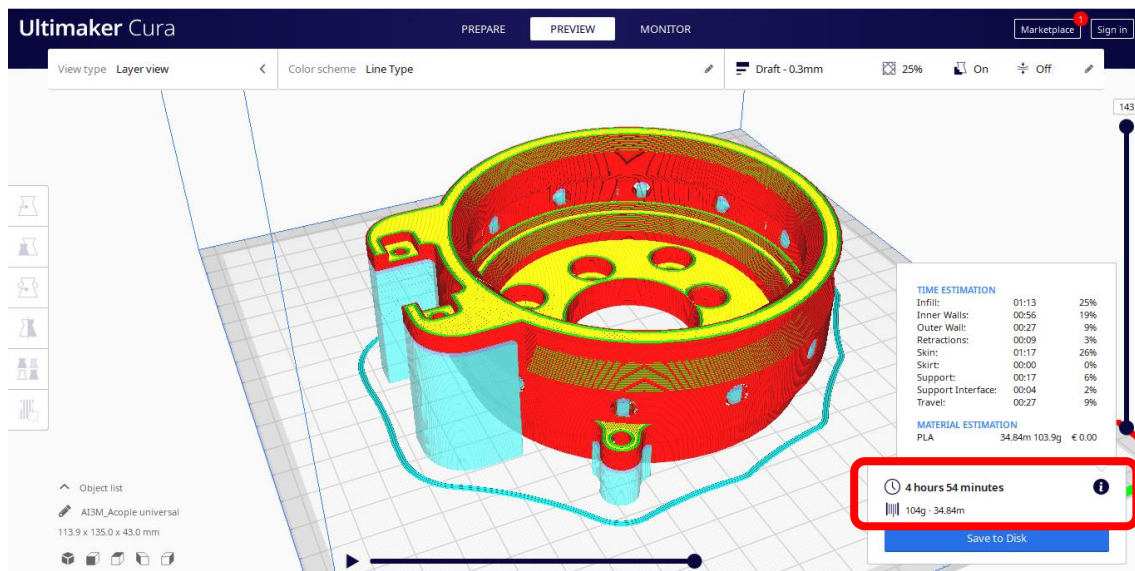


Figura 125. Imagen de parámetros de CURA.

Todas las piezas utilizadas en la construcción del prototipo consumieron un total de 1540g. También se añade un 15% extra de material usado para piezas previas de prueba que han sido descartadas y posteriormente mejoradas.

El filamento de PLA total usado para la creación del prototipo fueron 1771g con un precio de del mercado medio de 25€ por kilo. La estimación total del coste de material de PLA se queda en 44.3 €.

La tornillería incluye tornillos, arandelas, barras de acero, tuercas, resortes, anillos de retención que se compraron en lotes de distintas unidades ya que no se venden en unidades sueltas. El precio de estos materiales era de unos 15 euros

Componentes eléctricos. Se incluye el precio de 2 servomotores de 10€ cada uno 1 motor paso a paso de 17 euros y los elementos de cableado con un valor de 4 euros. El precio sumando los productos eléctricos suma un total de 41€.

2.2. Costes de diseño

El tiempo aplicado al diseño de proyecto incluye el tiempo de desarrollo del prototipo incluyendo los cálculos analíticos, el tiempo empleado al diseño asistido por ordenador y el tiempo de análisis asistido por ordenador que según la table de la planificación temporal el tiempo dedicado al diseño ha sido 292 horas. Según los datos el precio medio por hora para el diseño asistido por ordenador oscila entre 23€ en España[11]. Suponiendo el dato del precio anteriormente mencionado el coste del diseño será de unos 5840€.

2.3. Costes de fabricación del de mano de obra del operario

Para la construcción del modelo se elaboraron tareas de montaje y corte de elementos metálicos como barras y tornillos. Estas operaciones estiman un coste de 80 euros suponiendo el salario por hora de un operador especializado en este tipo de tareas.

2.4. Otros costes

Otros costes importantes son los costes de impresión 3D de los elementos que forman parte del diseño. La impresión 3D lleva gastos como la energía eléctrica que suministra la impresora, otros gastos como lubricantes para engrase de los ejes, lijado, laca para la cama, limpieza, etc.

Se estima que el precio de kWh en España a la fecha de hoy en día es de 0.4 € (tarifa diaria)[12] . Ya que la impresora adquiere una demanda eléctrica de 300W y el tiempo total de la impresión de todas las piezas del proyecto ha sido de unas 56 horas lo que estima el coste total energético a 7€.

Y los productos adicionales de lubricación, lijado, limpieza, etc. se estima a 6€.

2.5. Coste total

En la Tabla 5 en continuación se representan los costes totales.

Tabla 5. Costes totales

Tipo de coste		Precio
Materiales	- Filamento PLA	45€
	- Tornillería	23€
	- Componentes eléctricos	41€
Diseño	- Diseño asistido por ordenador	5840€
Fabricación	- Corte	20€
	- Montaje	30€
	- Acabado piezas	30€
Otros	- Energía eléctrica	7€
	- Otros	6€

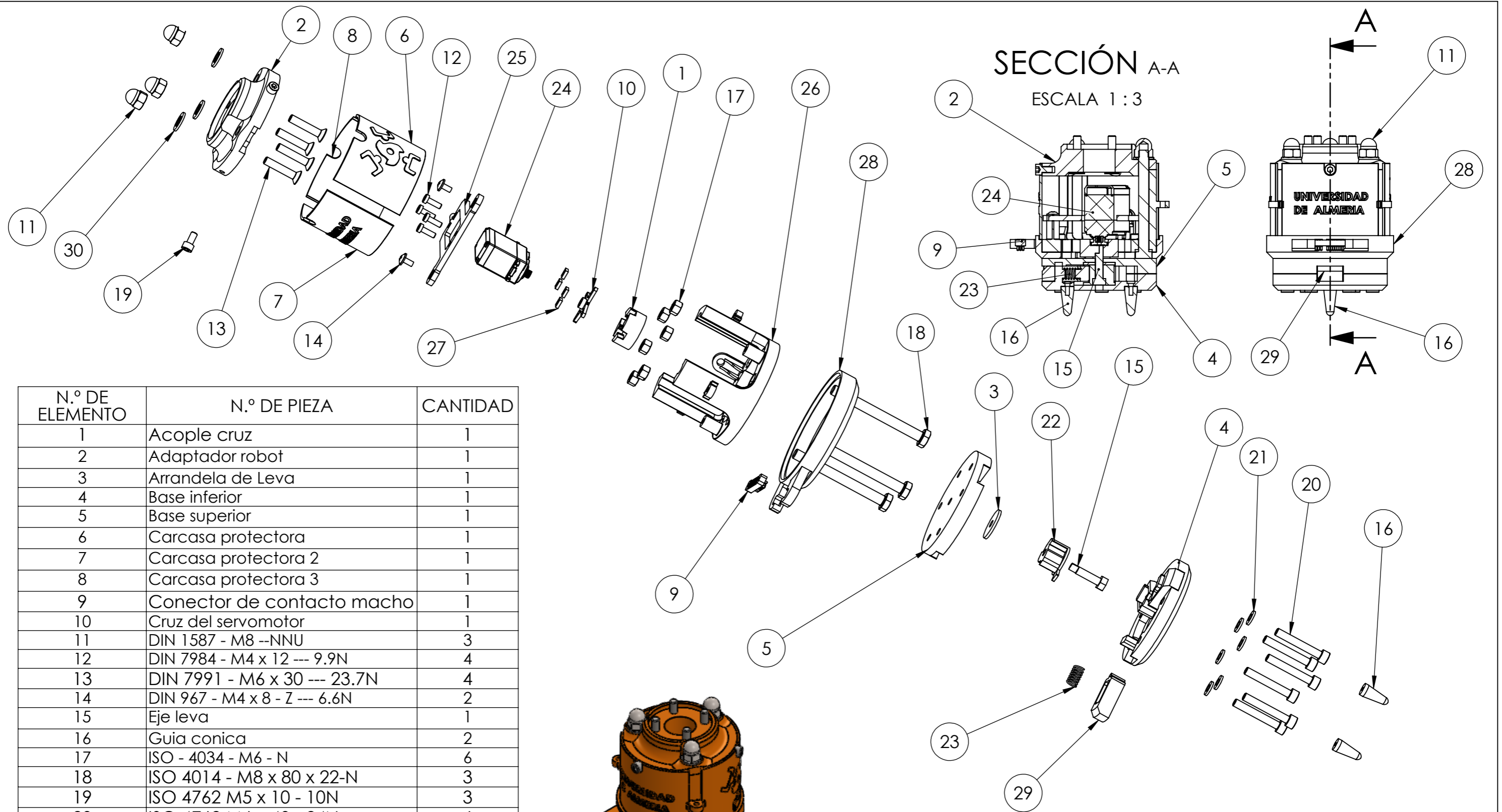
Total: 6042€

DOCUMENTO 3: PLANOS

Documento 3 Planos: Índice

1. Acoplador universal despiece
2. Acoplador universal
3. Base inferior
4. Leva
5. Base superior
6. Arandela de leva
7. Eje leva
8. Vástago
9. Tope cónico Superior
10. Guía cónica
11. Muelle del vástago
12. Acople cruz
13. Cruz del servomotor
14. Servomotor MG996R
15. Soporte del servomotor
16. Conector de contacto macho
17. Soporte principal
18. Adaptador robot
19. Carcasa protectora
20. Tornillería del Acoplador universal
21. Pinza de seis barras despiece
22. Pinza de seis barras
23. Acople universal pinza de 6 barras
24. Conexión acople-base
25. Base pinza de 6 barras
26. Engranaje z20
27. Engranaje z10
28. Soporte motor pinza
29. MG996R servo
30. Cruz servomotor
31. Acople motor pinza de 6 barras
32. Cilindro cónico (barra excéntrica)
33. Barra 3 puntos (engranaje) b1
34. Barra 3 puntos deslizante b3
35. Barra 2 puntos deslizante b4
36. Barra 2 puntos excéntrica b2
37. Dedo pinza
38. Guía rail
39. Soporte guía-rail
40. Casquillo separador
41. Tornillería pinza de seis barras
42. Tornillería pinza de seis barras
43. Tornillería pinza de seis barras
44. Taladradora con adaptador universal

45. Taladradora con adaptador universal despiece
46. Soporte principal
47. Acople universal taladradora
48. Base resortes
49. Soporte motor
50. Barra deslizante
51. Soporte punta
52. Base motor
53. Acople aluminio
54. Adaptador hexágono - cuadrado
55. Barra roscada
56. Motor paso a paso
57. Conector de contacto hembra
58. Tornillería del taladro



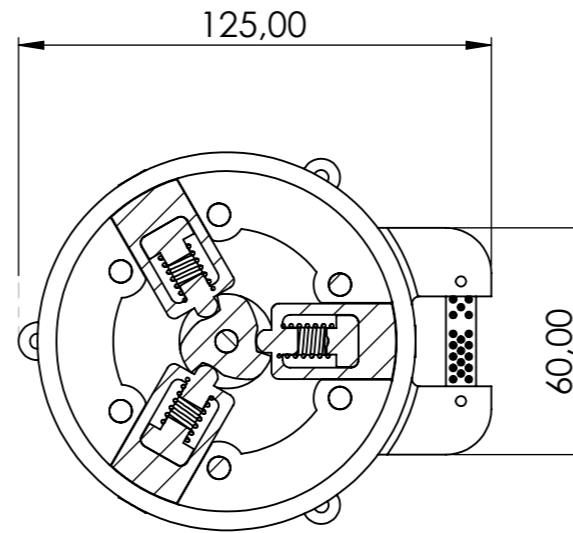
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	Acople cruz	1
2	Adaptador robot	1
3	Arrandela de Leva	1
4	Base inferior	1
5	Base superior	1
6	Carcasa protectora	1
7	Carcasa protectora 2	1
8	Carcasa protectora 3	1
9	Conector de contacto macho	1
10	Cruz del servomotor	1
11	DIN 1587 - M8 --NNU	3
12	DIN 7984 - M4 x 12 --- 9.9N	4
13	DIN 7991 - M6 x 30 --- 23.7N	4
14	DIN 967 - M4 x 8 - Z --- 6.6N	2
15	Eje leva	1
16	Guia conica	2
17	ISO - 4034 - M6 - N	6
18	ISO 4014 - M8 x 80 x 22-N	3
19	ISO 4762 M5 x 10 - 10N	3
20	ISO 4762 M6 x 40 - 24N	6
21	ISO 8738 - 6	6
22	Leva	1
23	Muelle del vastago	3
24	Servomotor MG996R	1
25	Soporte del servomotor	1
26	Soporte principal	1
27	Square nut DIN 562 M4 -N	4
28	Tope conico Superior	1
29	Vastago	3
30	Washer DIN 125 - A 8.4	3



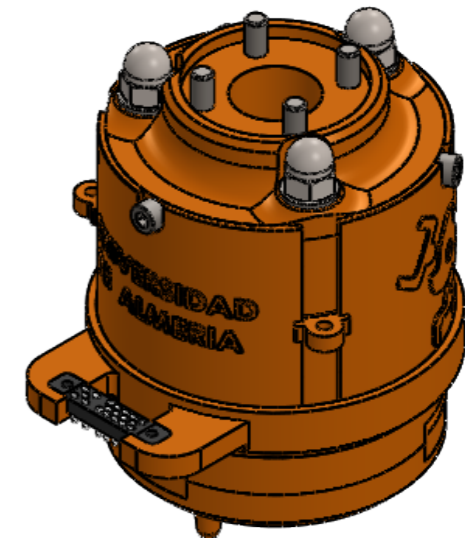
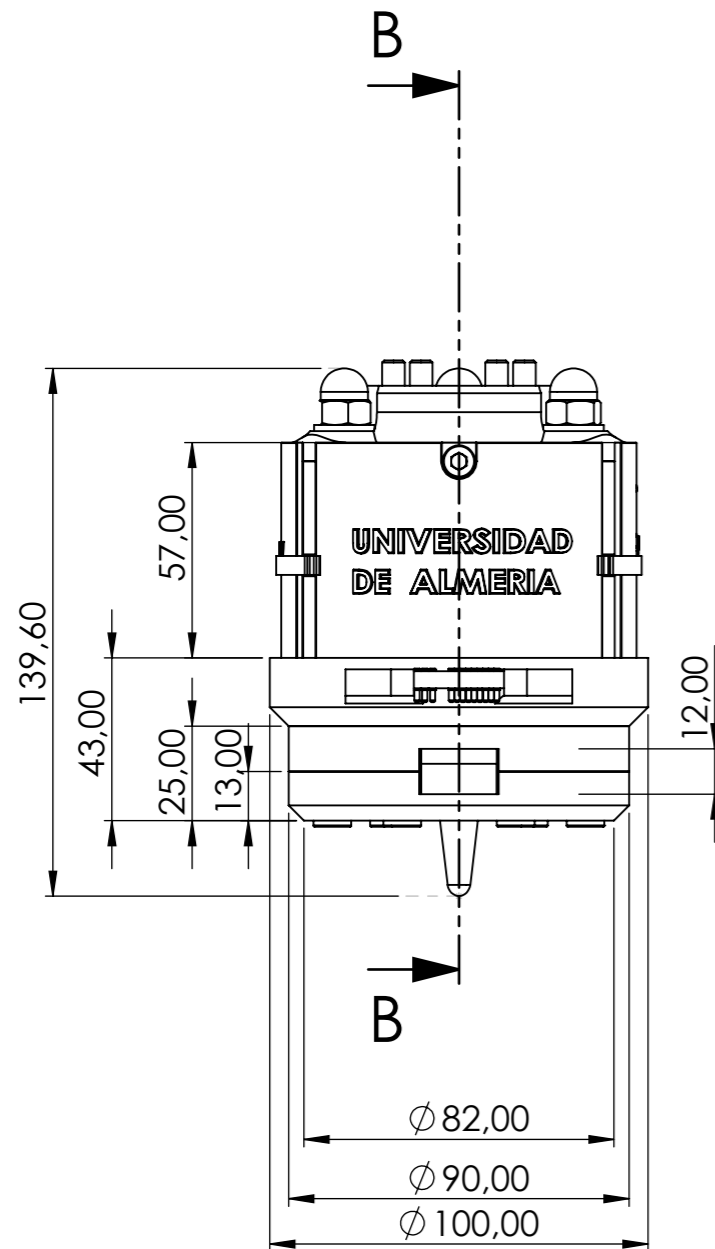
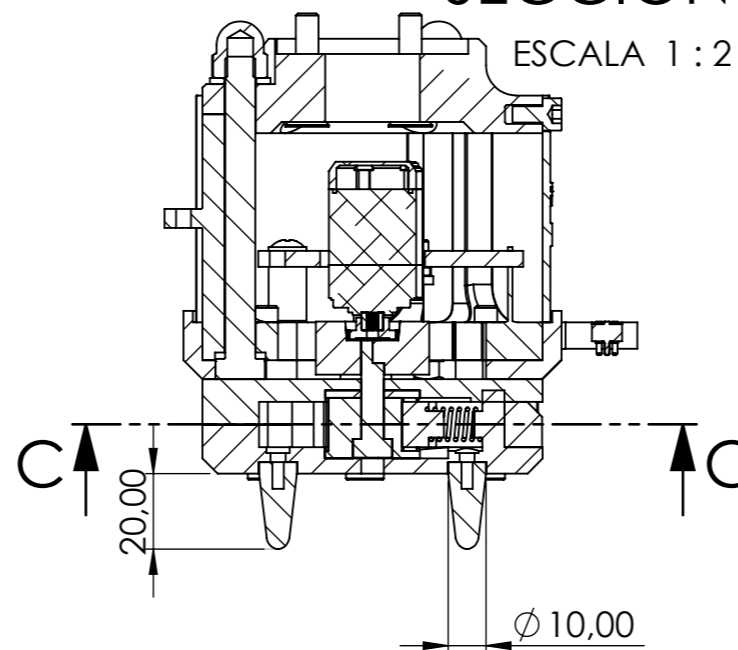
TRABAJO FIN DE GRADO INGENIERÍA MECÁNICA
DISEÑO DE ELEMENTOS TERMINALES
MULTIFUNCIÓN PARA UN ROBOT MANIPULADOR INDUSTRIAL

Material	ACOPLADOR UNIVERSAL	PLANO
	Ensamblaje Acople	
Autor:	Ivaylo Biserov Hadzhiev	1
Peso: 827.034 g	Formato: A3	Escala: 1:2
		Fecha: 27/01/2022
		Pág: 5

SECCIÓN C-C
ESCALA 1:2

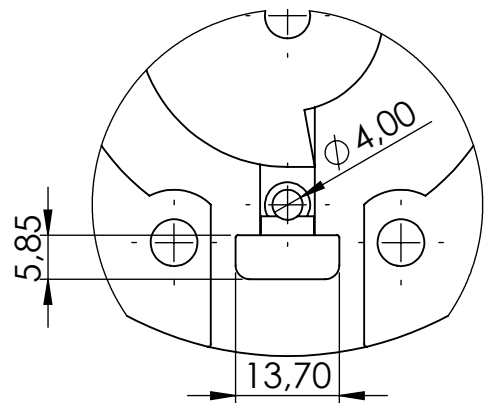
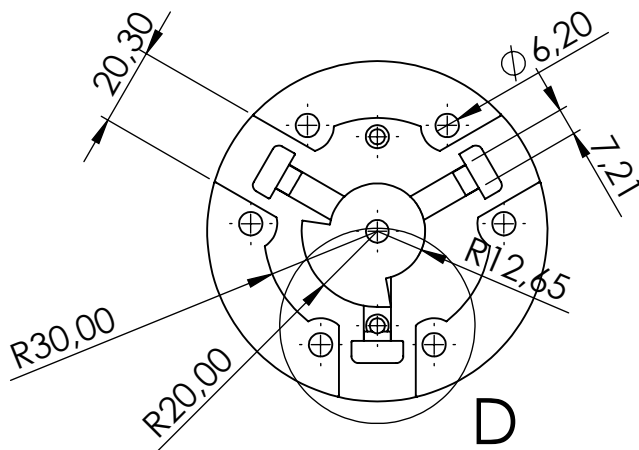
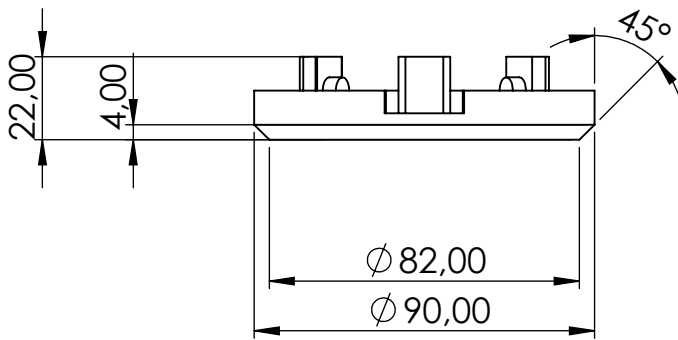
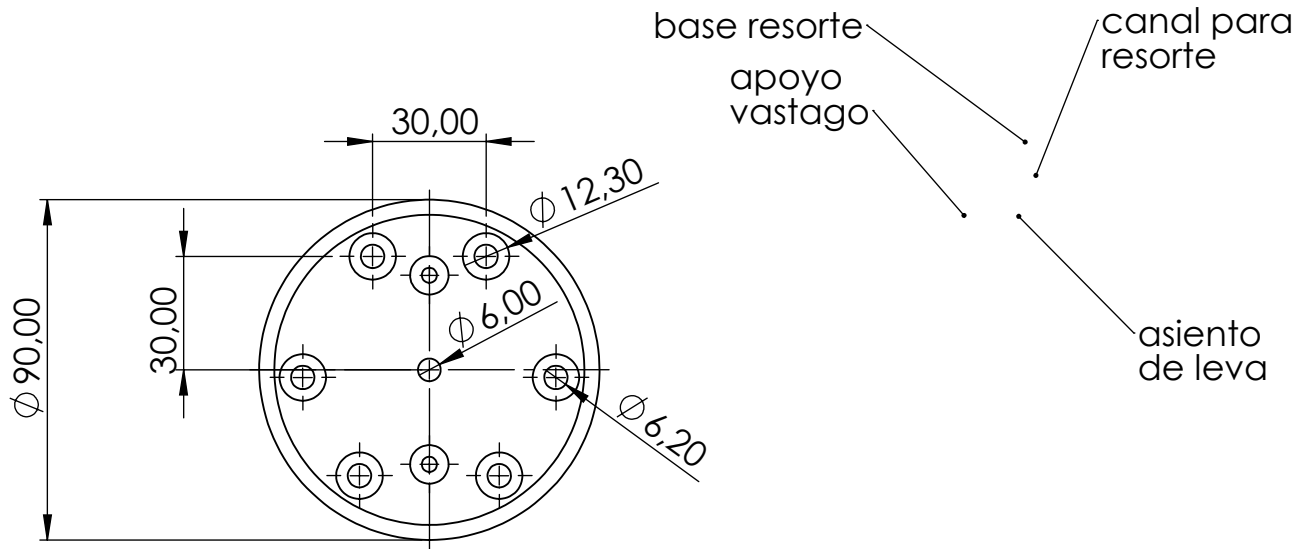


SECCIÓN B-B
ESCALA 1:2



TRABAJO FIN DE GRADO INGENIERÍA MECÁNICA
DISEÑO DE ELEMENTOS TERMINALES
MULTIFUNCIÓN PARA UN ROBOT MANIPULADOR INDUSTRIAL

Material	ACOPLADOR UNIVERSAL	PLANO 2
	Ensamblaje Acople	
Autor:	Ivaylo Biserov Hadzhiev	
Peso: 827.034 g	Formato: A3	Escala: 1:2
		Fecha: 27/01/2022
		Pág: 7



DETALLE D

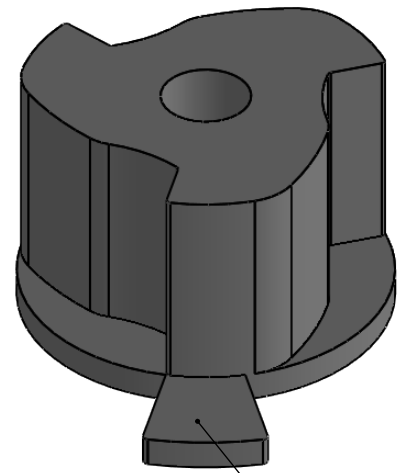
ESCALA 1:1



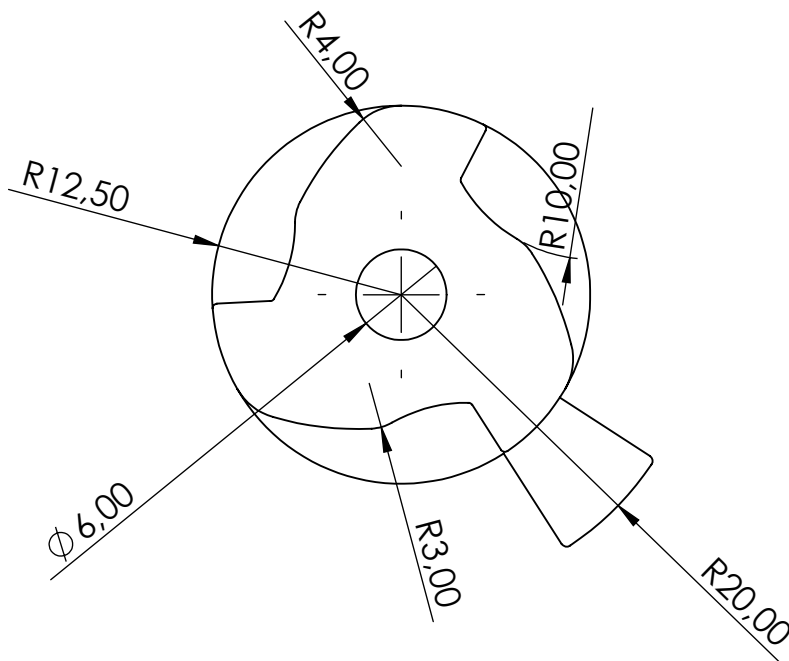
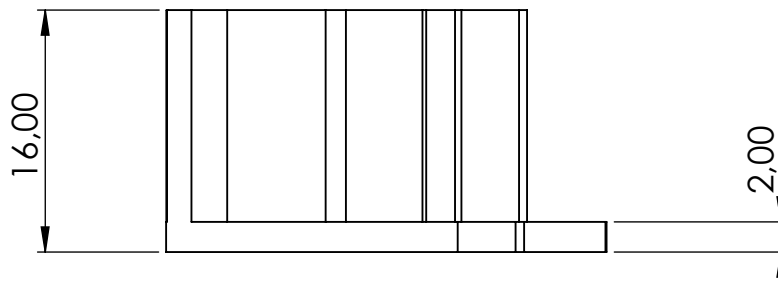
UNIVERSIDAD
DE ALMERÍA

TRABAJO FIN DE GRADO INGENIERÍA MECÁNICA
DISEÑO DE ELEMENTOS TERMINALES
MULTIFUNCIÓN PARA UN ROBOT MANIPULADOR INDUSTRIAL

Material	ACOPLADOR UNIVERSAL			PLANO
PLA	Base inferior			3
Autor:	Ivaylo Biserov Hadzhiev			
Peso: 69.756g	Formato: A4	Escala: 1:2	Fecha: 27/01/2022	Pág: 9



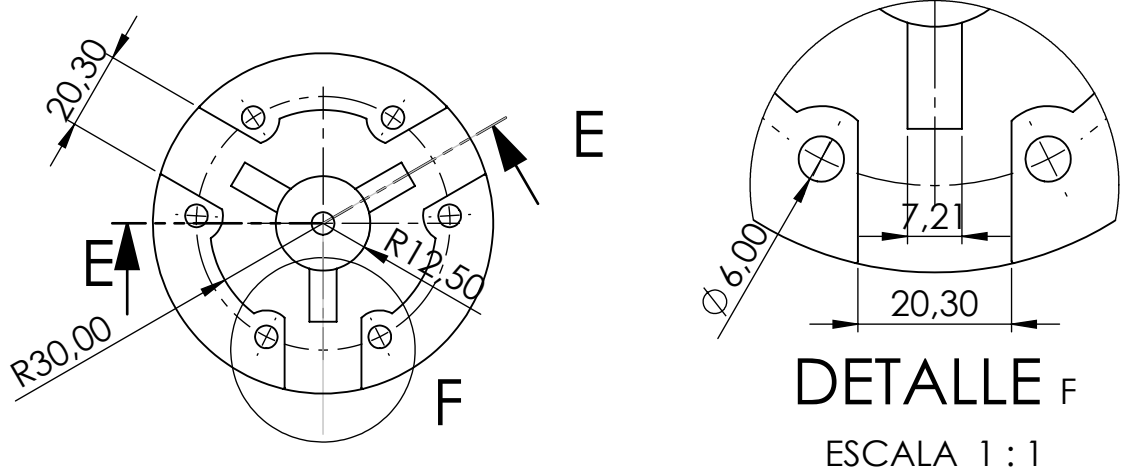
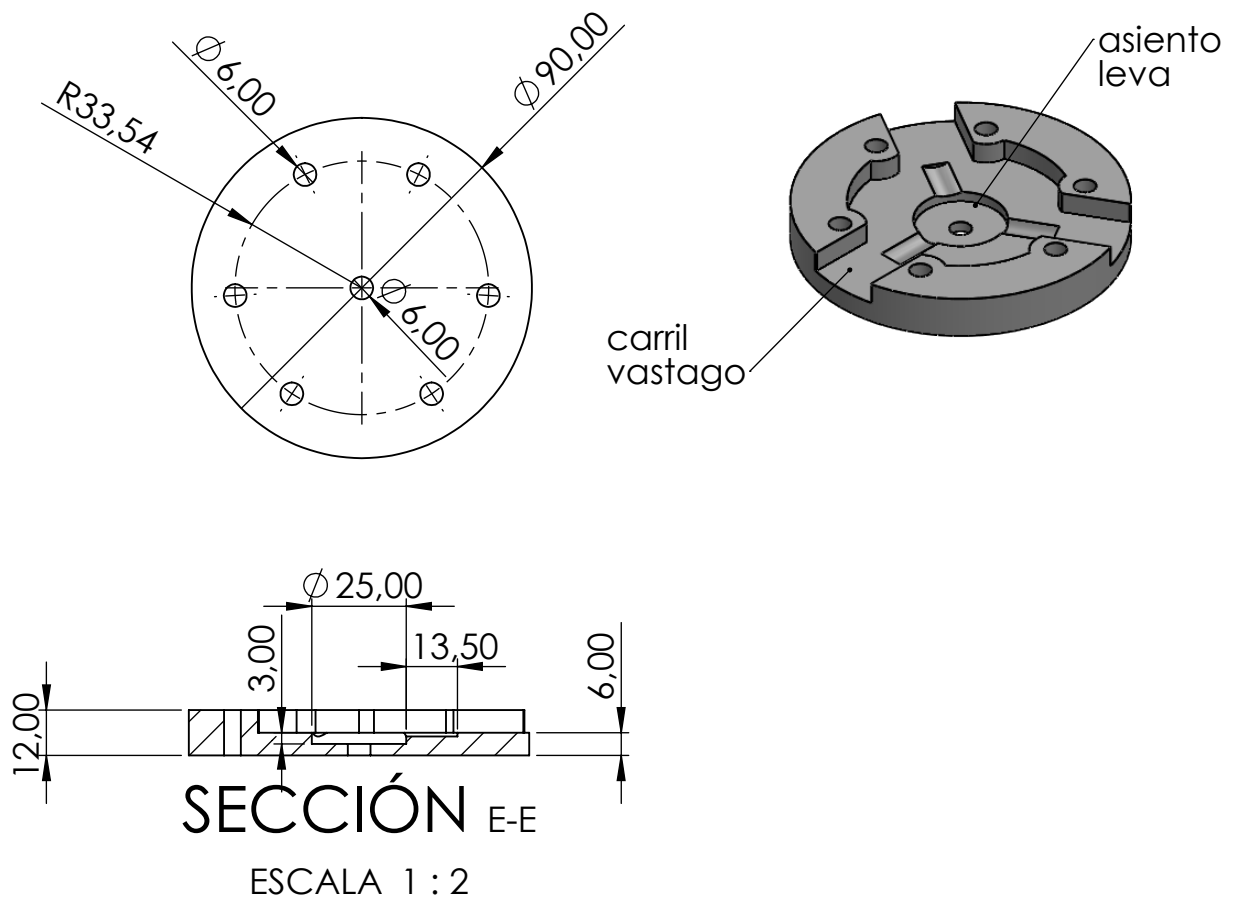
tope



UNIVERSIDAD
DE ALMERÍA

TRABAJO FIN DE GRADO INGENIERÍA MECÁNICA
DISEÑO DE ELEMENTOS TERMINALES
MULTIFUNCIÓN PARA UN ROBOT MANIPULADOR INDUSTRIAL

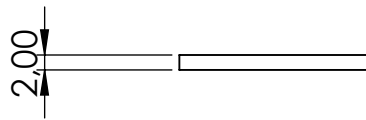
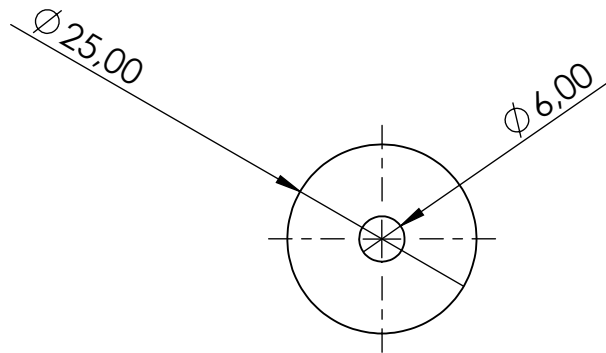
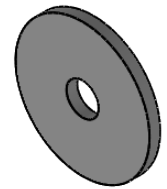
Material	ACOPLADOR UNIVERSAL	PLANO 4		
PLA	Leva			
Autor:	Ivaylo Biserov Hadzhiev			
Peso: 6.48g	Formato: A4	Escala: 2:1	Fecha: 27/01/2022	Pág: 11



UNIVERSIDAD
DE ALMERÍA

TRABAJO FIN DE GRADO INGENIERÍA MECÁNICA
DISEÑO DE ELEMENTOS TERMINALES
MULTIFUNCIÓN PARA UN ROBOT MANIPULADOR INDUSTRIAL

Material	ACOPLADOR UNIVERSAL			PLANO
PLA	Base superior			5
Autor:	Ivaylo Biserov Hadzhiev			
Peso: 65.6g	Formato: A4	Escala: 1:2	Fecha: 27/01/2022	Pág: 13



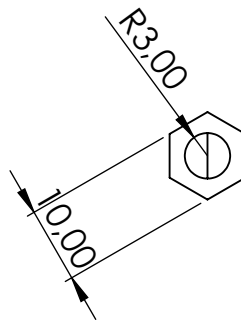
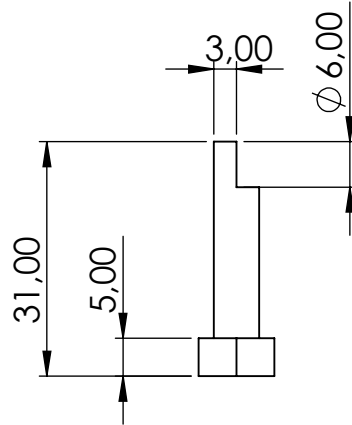
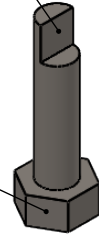
UNIVERSIDAD
DE ALMERÍA

TRABAJO FIN DE GRADO INGENIERÍA MECÁNICA
DISEÑO DE ELEMENTOS TERMINALES
MULTIFUNCIÓN PARA UN ROBOT MANIPULADOR INDUSTRIAL

Material	ACOPLADOR UNIVERSAL	PLANO		
PLA	Arandela de leva	6		
Autor:	Ivaylo Biserov Hadzhiev			
Peso: 1.19g	Formato: A4	Escala: 1:1	Fecha: 27/01/2022	Pág: 15

fijacion
acople cruz

fijacion hexagonal
de la leva

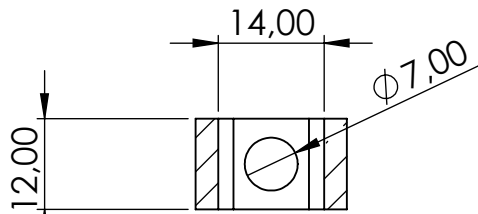
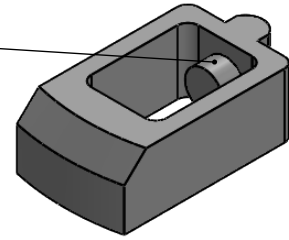


UNIVERSIDAD
DE ALMERÍA

TRABAJO FIN DE GRADO INGENIERÍA MECÁNICA
DISEÑO DE ELEMENTOS TERMINALES
MULTIFUNCIÓN PARA UN ROBOT MANIPULADOR INDUSTRIAL

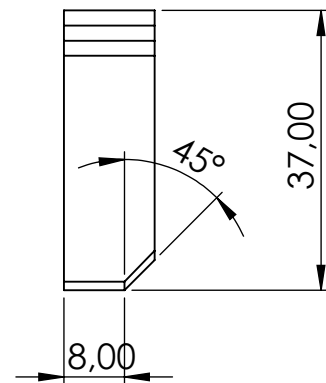
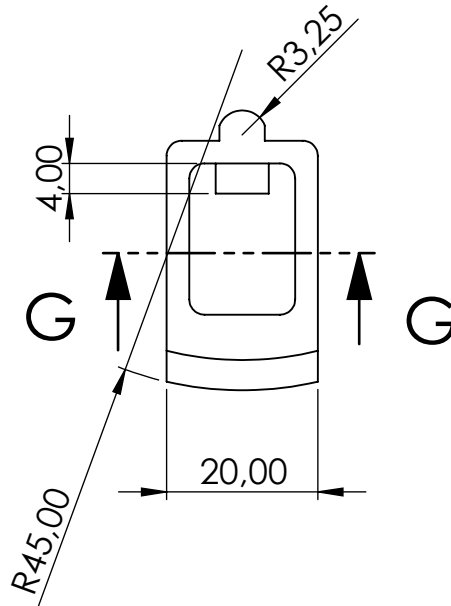
Material	ACOPLADOR UNIVERSAL	PLANO		
AISI 4340	Eje leva	7		
Autor:	Ivaylo Biserov Hadzhiev			
Peso: 8.5g	Formato: A4	Escala: 1:1	Fecha: 27/01/2022	Pág: 17

asiento
muelle



SECCIÓN G-G

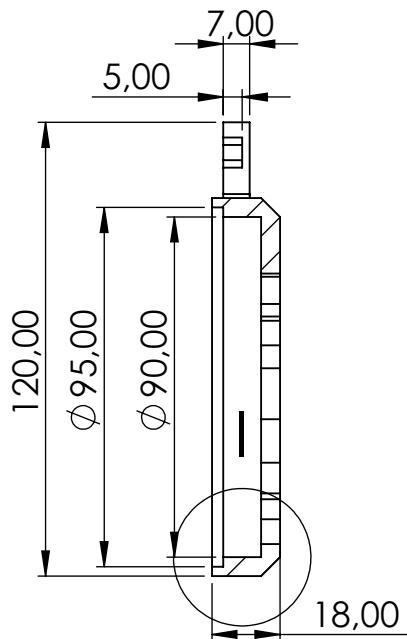
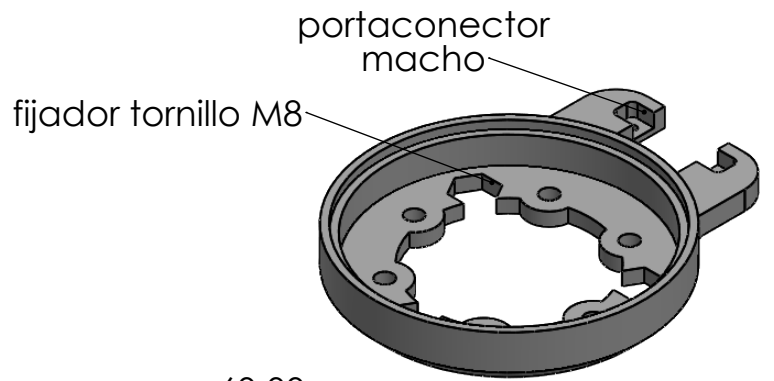
ESCALA 1 : 1



UNIVERSIDAD
DE ALMERÍA

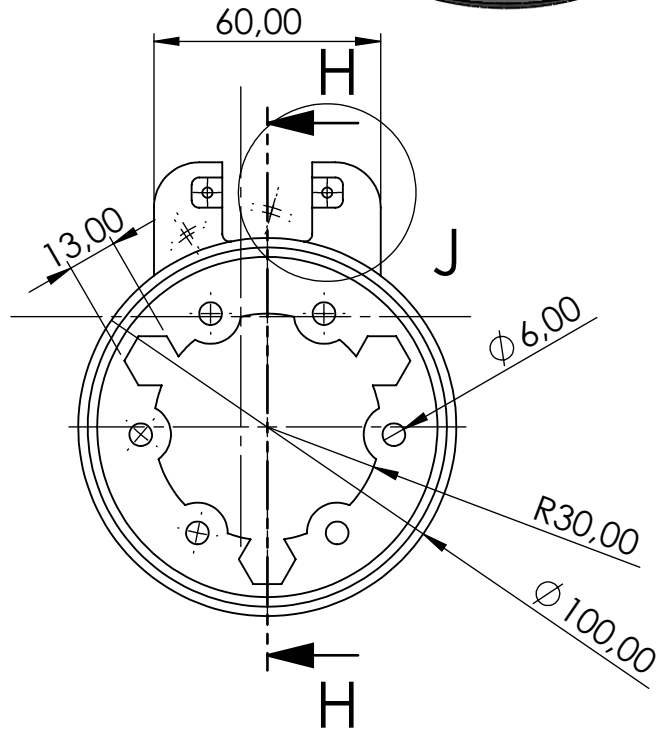
TRABAJO FIN DE GRADO INGENIERÍA MECÁNICA
DISEÑO DE ELEMENTOS TERMINALES
MULTIFUNCIÓN PARA UN ROBOT MANIPULADOR INDUSTRIAL

Material	ACOPLADOR UNIVERSAL	PLANO
PLA	Vastago	8
Autor:	Ivaylo Biserov Hadzhiev	
Peso: 6.10g	Formato: A4	Escala: 1:1
		Fecha: 27/01/2022
		Pág: 19



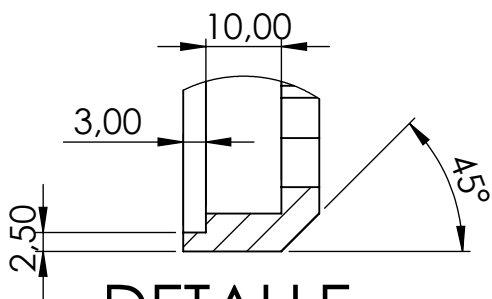
SECCIÓN H-H

ESCALA 1 : 2



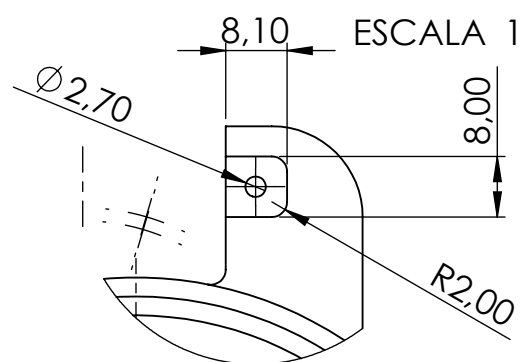
DETALLE J

ESCALA 1 : 1



DETALLE I

ESCALA 1 : 1



UNIVERSIDAD
DE ALMERÍA

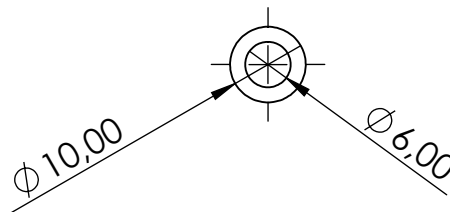
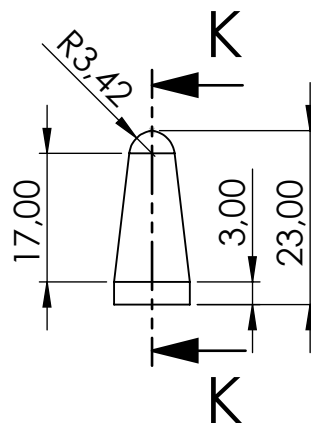
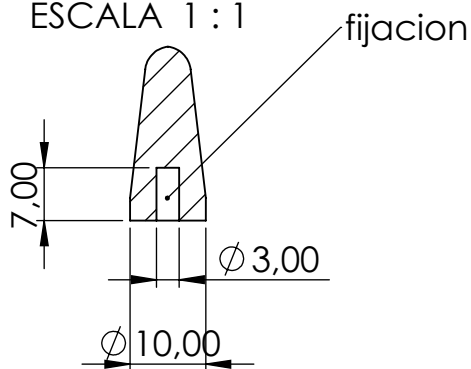
TRABAJO FIN DE GRADO INGENIERÍA MECÁNICA
DISEÑO DE ELEMENTOS TERMINALES
MULTIFUNCIÓN PARA UN ROBOT MANIPULADOR INDUSTRIAL

Material	ACOPLADOR UNIVERSAL	PLANO 9		
PLA	Tope conico Superior			
Autor:	Ivaylo Biserov Hadzhiev			
Peso: 54.49g	Formato: A4	Escala: 1:2	Fecha: 27/01/2022	Pág: 21



SECCIÓN K-K

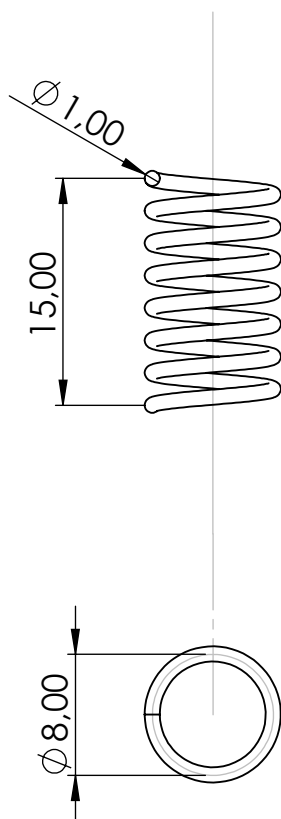
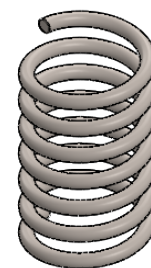
ESCALA 1 : 1



UNIVERSIDAD
DE ALMERÍA

TRABAJO FIN DE GRADO INGENIERÍA MECÁNICA
DISEÑO DE ELEMENTOS TERMINALES
MULTIFUNCIÓN PARA UN ROBOT MANIPULADOR INDUSTRIAL

Material	ACOPLADOR UNIVERSAL	PLANO 10		
PLA	Guia conica			
Autor:	Ivaylo Biserov Hadzhiev			
Peso: 1.43g	Formato: A4	Escala: 1:1	Fecha: 27/01/2022	Pág: 23

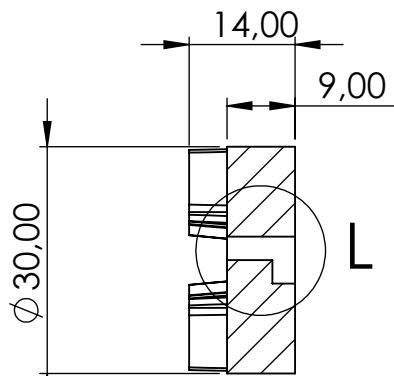
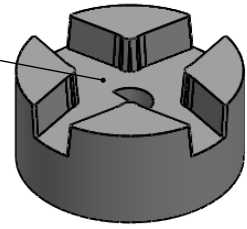


UNIVERSIDAD
DE ALMERÍA

TRABAJO FIN DE GRADO INGENIERÍA MECÁNICA
DISEÑO DE ELEMENTOS TERMINALES
MULTIFUNCIÓN PARA UN ROBOT MANIPULADOR INDUSTRIAL

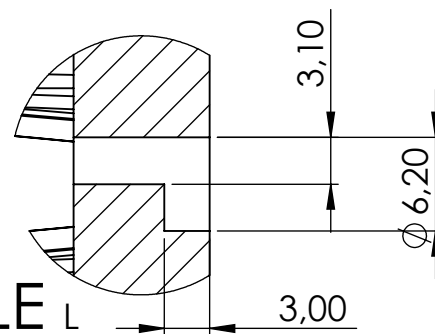
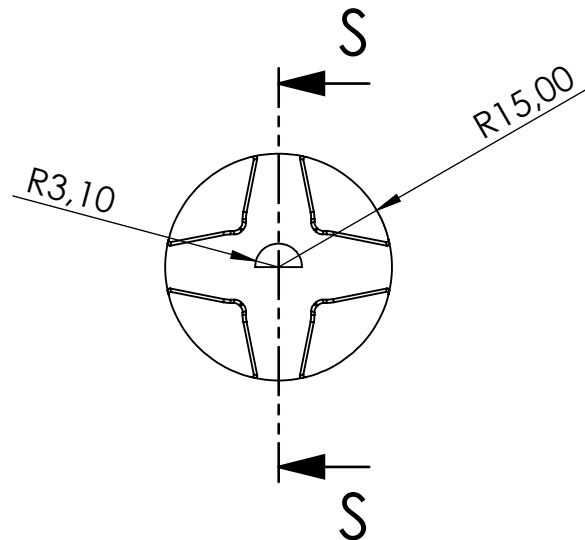
Material	ACOPLADOR UNIVERSAL			PLANO
Acero inox (SS)	Muelle del vastago			11
Autor:	Ivaylo Biserov Hadzhiev			
Peso: 1.09g	Formato: A4	Escala: 2:1	Fecha: 27/01/2022	Pág: 25

asiento
de la cruz



SECCIÓN S-S

ESCALA 1 : 1



DETALLE L

ESCALA 2 : 1

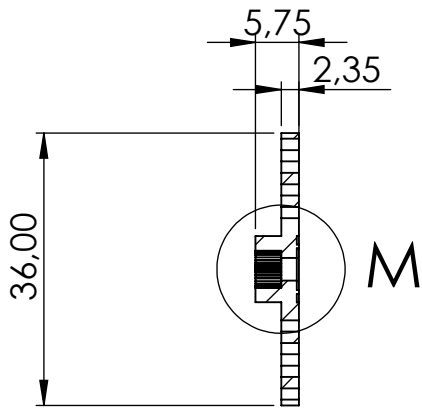
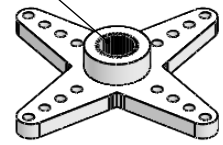


UNIVERSIDAD
DE ALMERÍA

TRABAJO FIN DE GRADO INGENIERÍA MECÁNICA
DISEÑO DE ELEMENTOS TERMINALES
MULTIFUNCIÓN PARA UN ROBOT MANIPULADOR INDUSTRIAL

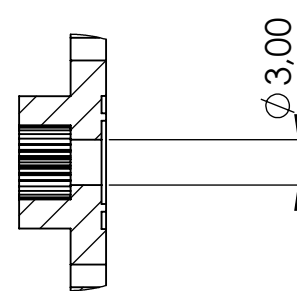
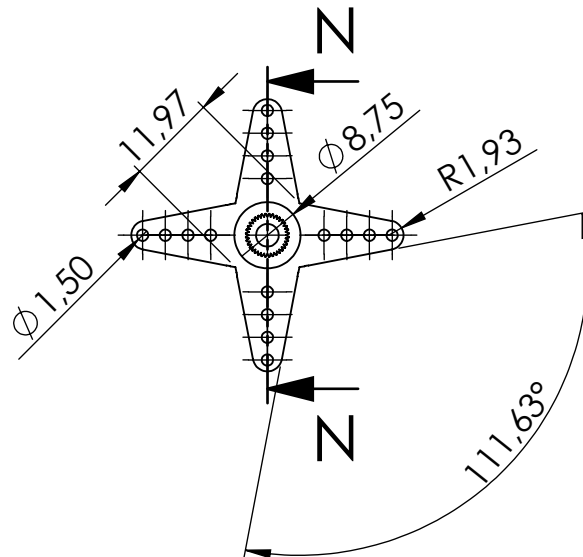
Material	ACOPLADOR UNIVERSAL	PLANO 12		
PLA	Acople cruz			
Autor:	Ivaylo Biserov Hadzhiev			
Peso: 9.9g	Formato: A4	Escala: 1:1	Fecha: 27/01/2022	Pág: 27

entrada
servomotor



SECCIÓN N-N

ESCALA 1 : 1



DETALLE M

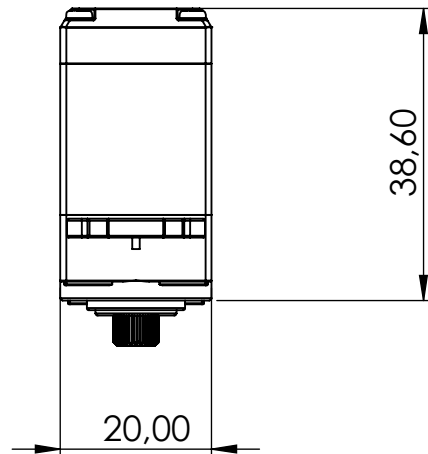
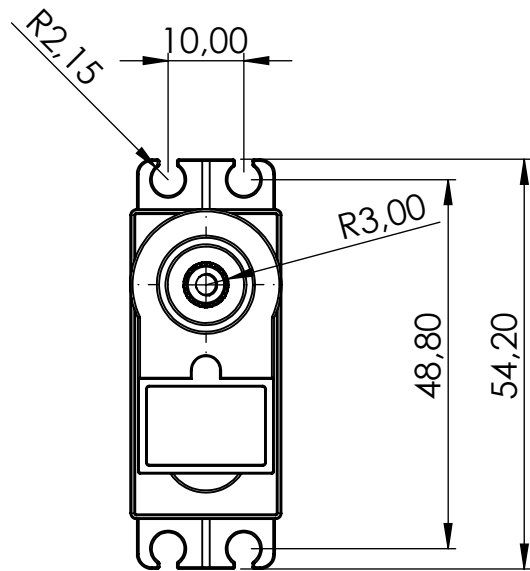
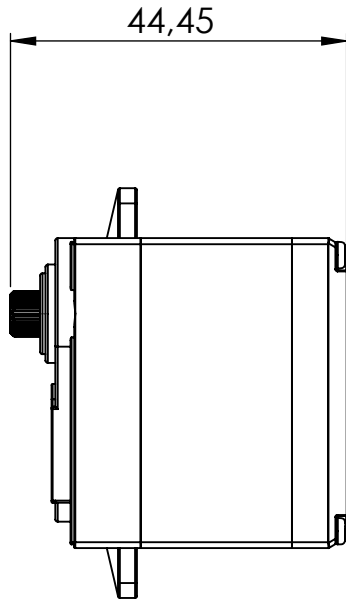
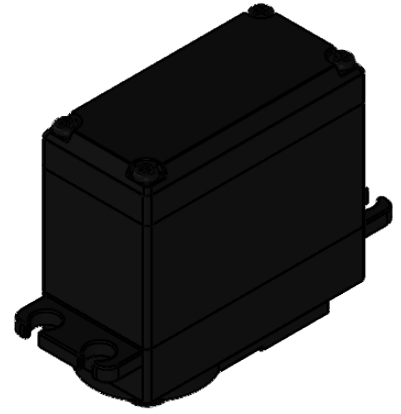
ESCALA 2 : 1



UNIVERSIDAD
DE ALMERÍA

TRABAJO FIN DE GRADO INGENIERÍA MECÁNICA
DISEÑO DE ELEMENTOS TERMINALES
MULTIFUNCIÓN PARA UN ROBOT MANIPULADOR INDUSTRIAL

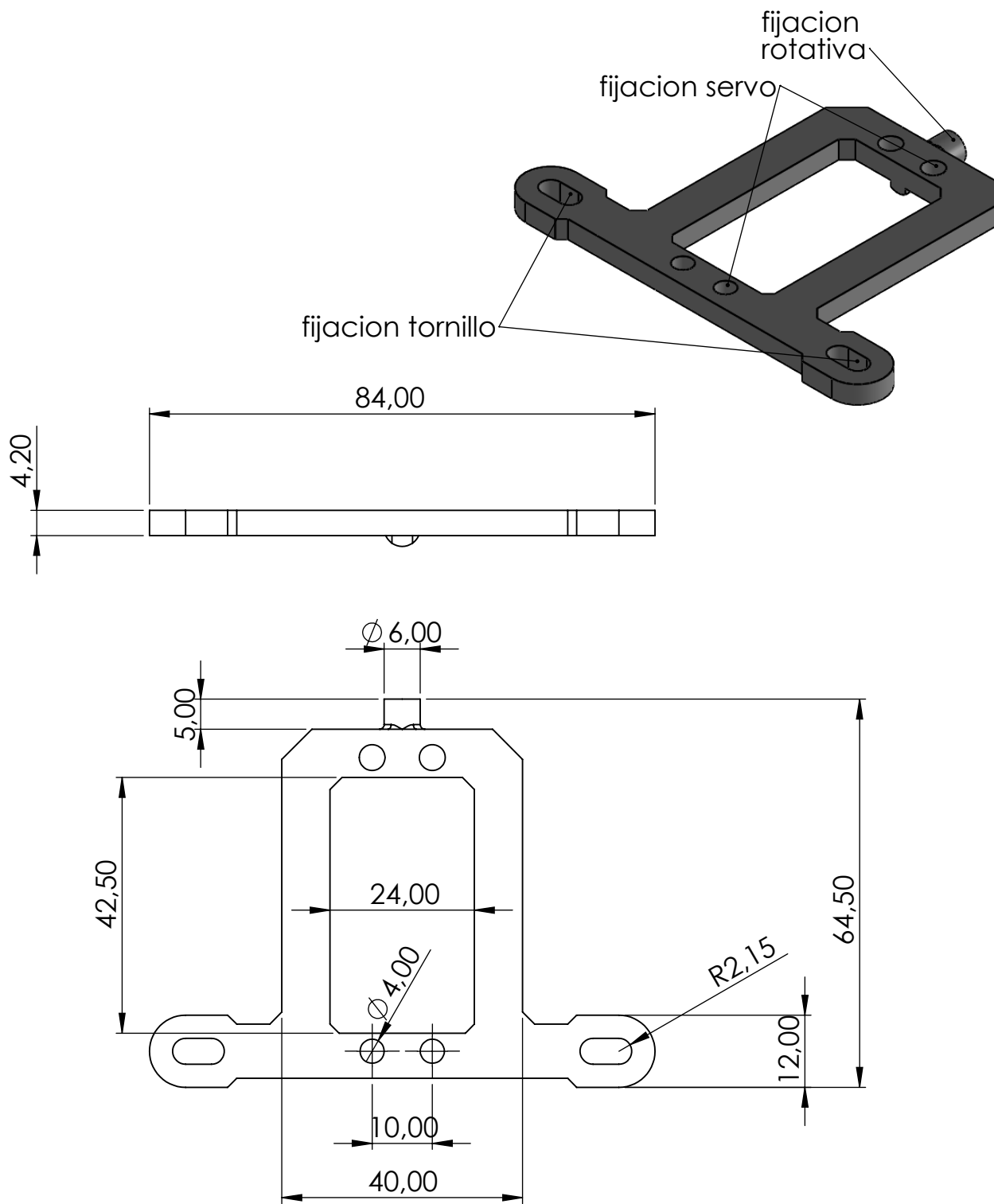
Material	ACOPLADOR UNIVERSAL	PLANO
ABS	Cruz del servomotor	13
Autor:	Ivaylo Biserov Hadzhiev	
Peso: 0.96g	Formato: A4	Escala: 1:1
		Fecha: 27/01/2022
		Pág: 29



UNIVERSIDAD
DE ALMERÍA

TRABAJO FIN DE GRADO INGENIERÍA MECÁNICA
DISEÑO DE ELEMENTOS TERMINALES
MULTIFUNCIÓN PARA UN ROBOT MANIPULADOR INDUSTRIAL

Material	ACOPLADOR UNIVERSAL		PLANO 14	
	Servomotor MG996R			
	Autor:	Ivaylo Biserov Hadzhiev		
Peso: 100g	Formato: A4	Escala: 1:1	Fecha: 27/01/2022	Pág: 31



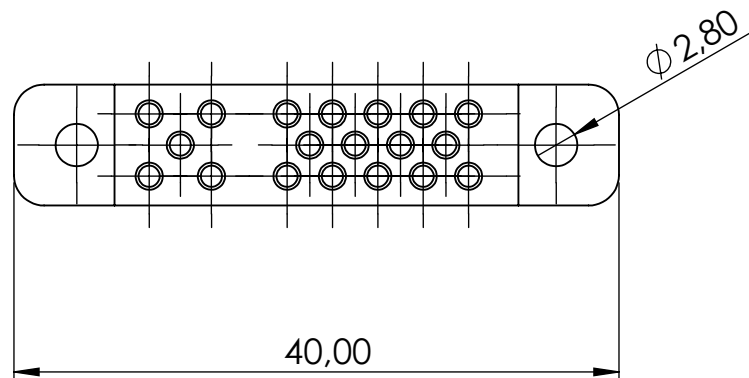
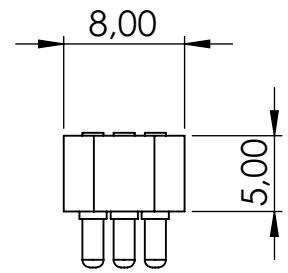
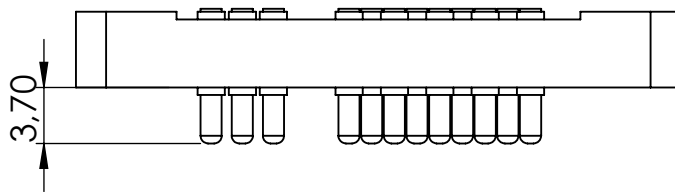
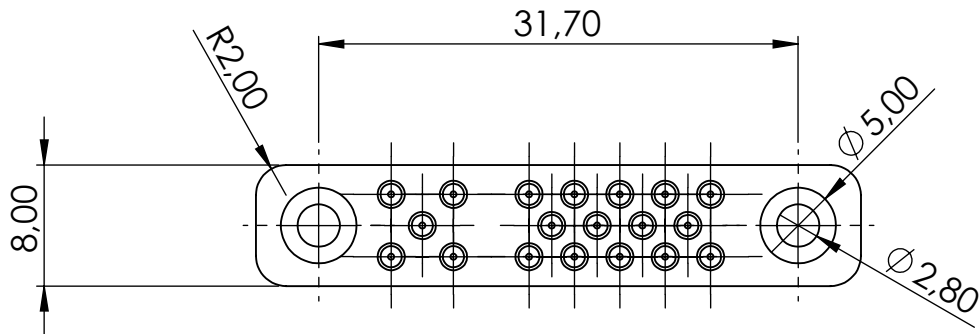
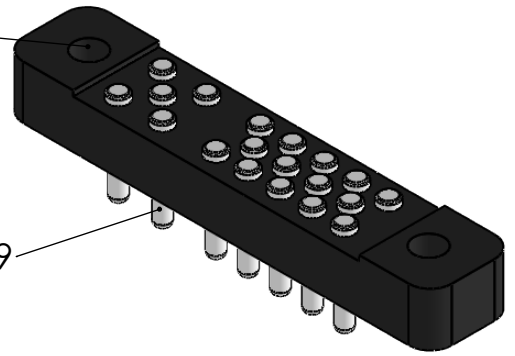
UNIVERSIDAD DE ALMERÍA

TRABAJO FIN DE GRADO INGENIERÍA MECÁNICA
 DISEÑO DE ELEMENTOS TERMINALES
 MULTIFUNCIÓN PARA UN ROBOT MANIPULADOR INDUSTRIAL

Material	ACOPLADOR UNIVERSAL	PLANO 15		
PLA	Soporte del servomotor			
Autor:	Ivaylo Biserov Hadzhiev			
Peso: 8.99g	Formato: A4	Escala: 1:1	Fecha: 27/01/2022	Pág: 33

fijacion

pinos de cobre x19



UNIVERSIDAD
DE ALMERÍA

TRABAJO FIN DE GRADO INGENIERÍA MECÁNICA
DISEÑO DE ELEMENTOS TERMINALES
MULTIFUNCIÓN PARA UN ROBOT MANIPULADOR INDUSTRIAL

Material
ABS
+
Cobre

ACOPLADOR UNIVERSAL

PLANO

Conector de contacto macho

16

Autor: Ivaylo Biserov Hadzhiev

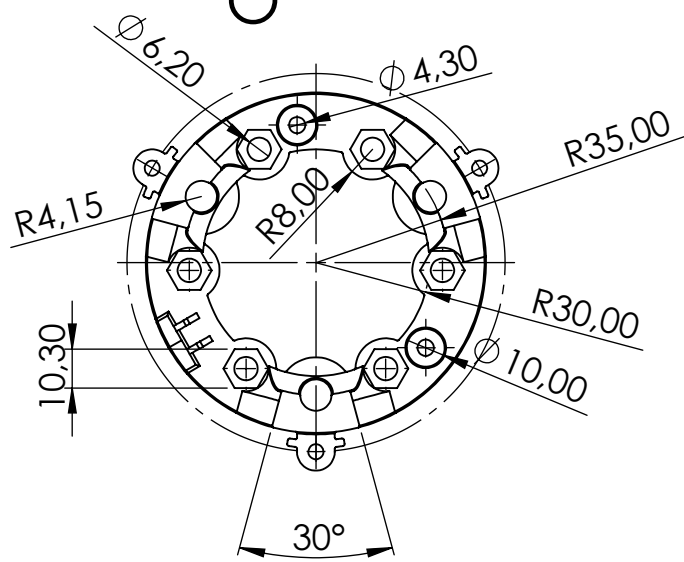
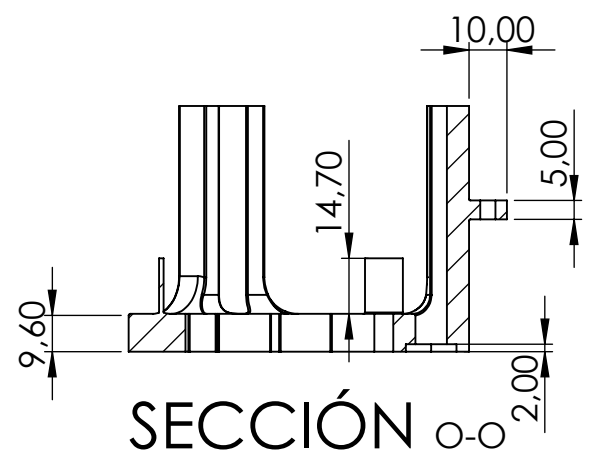
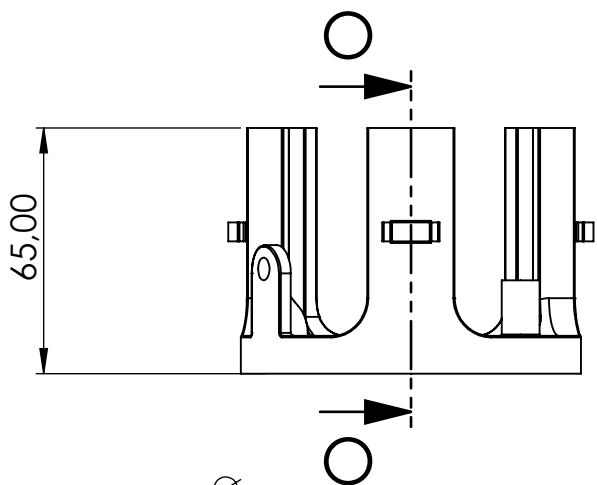
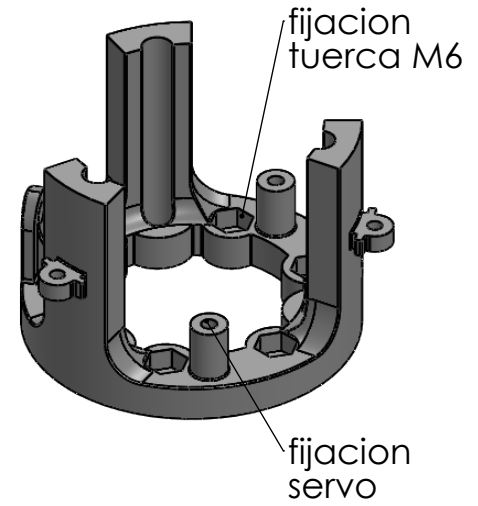
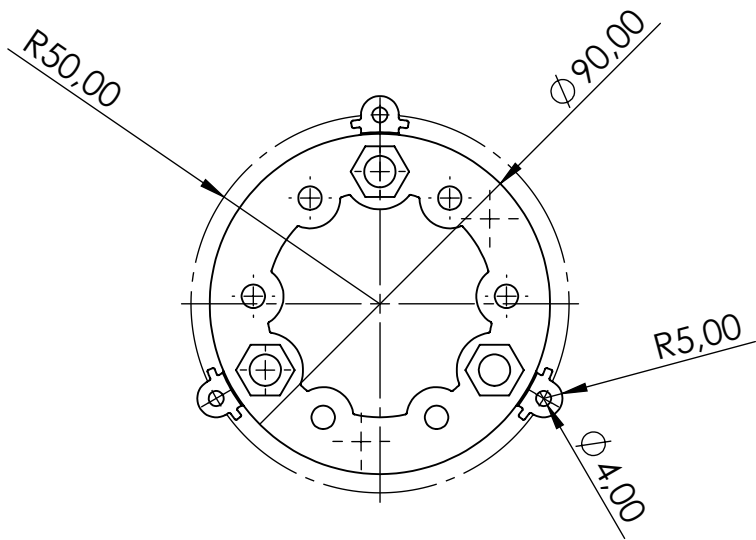
Peso: 3.45g

Formato: A4

Escala: 2:1

Fecha: 27/01/2022

Pág: 35

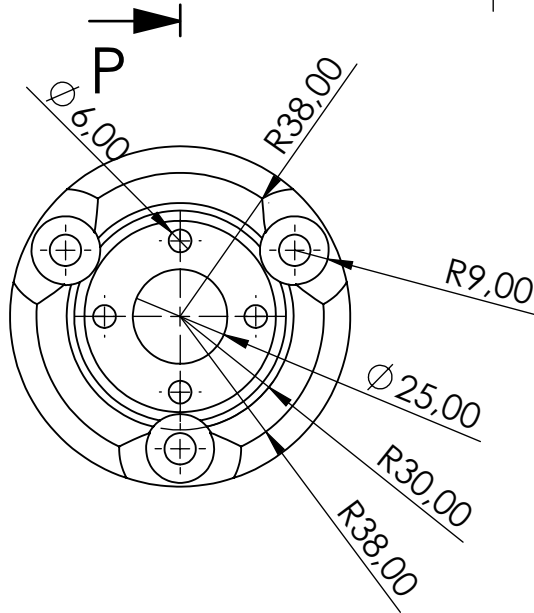
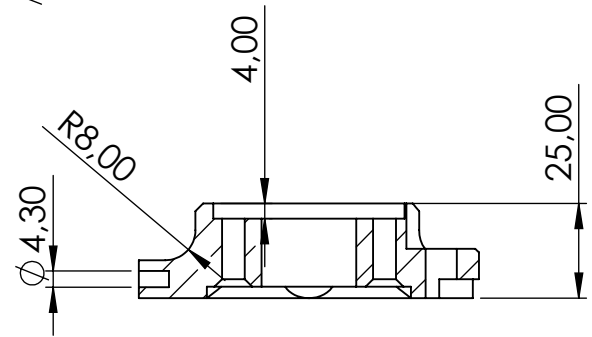
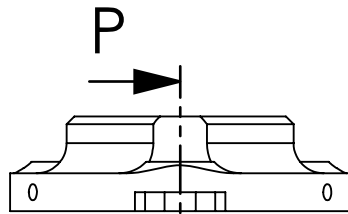
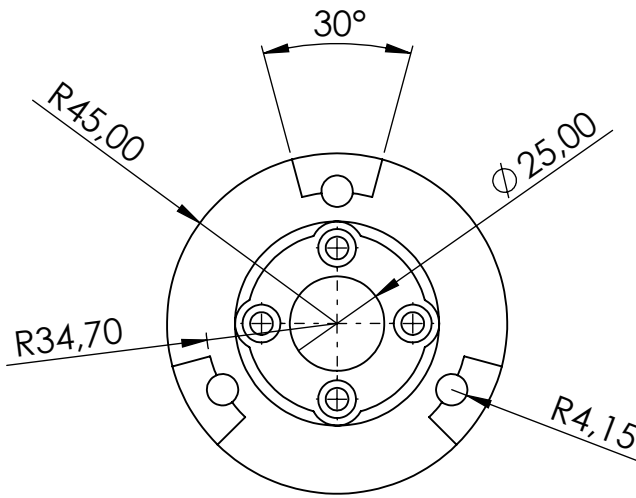
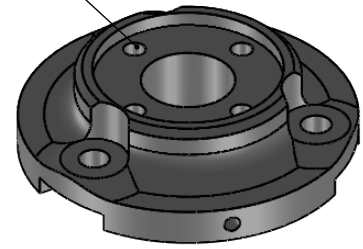


UNIVERSIDAD DE ALMERÍA

TRABAJO FIN DE GRADO INGENIERÍA MECÁNICA
 DISEÑO DE ELEMENTOS TERMINALES
 MULTIFUNCIÓN PARA UN ROBOT MANIPULADOR INDUSTRIAL

Material	ACOPLADOR UNIVERSAL	PLANO 17		
PLA	Soporte principal			
Autor:	Ivaylo Biserov Hadzhiev			
Peso: 89.34g	Formato: A4	Escala: 1:2	Fecha: 27/01/2022	Pág: 37

fijacion robot



SECCIÓN P-P

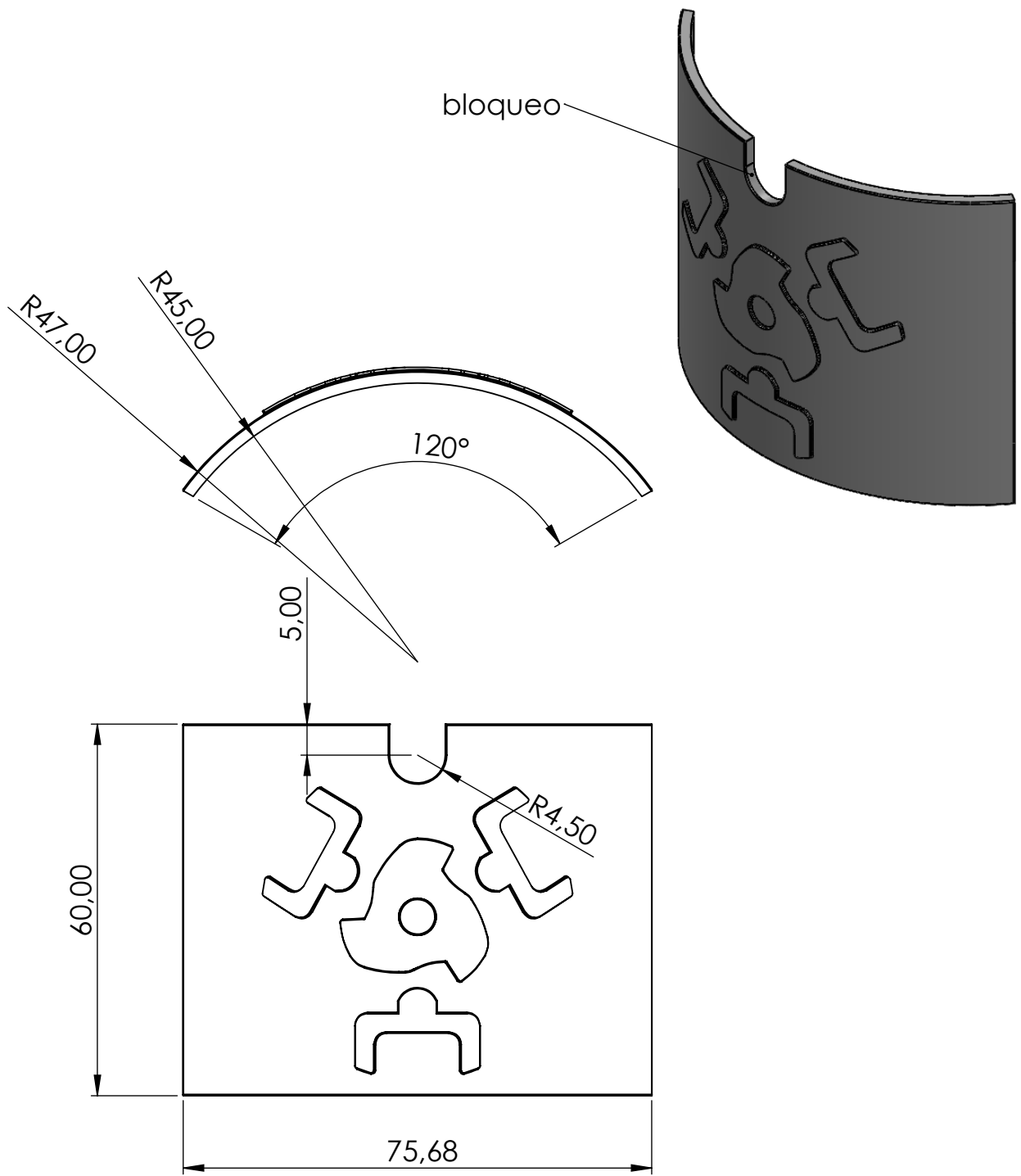
ESCALA 1 : 2



UNIVERSIDAD DE ALMERÍA

TRABAJO FIN DE GRADO INGENIERÍA MECÁNICA
 DISEÑO DE ELEMENTOS TERMINALES
 MULTIFUNCIÓN PARA UN ROBOT MANIPULADOR INDUSTRIAL

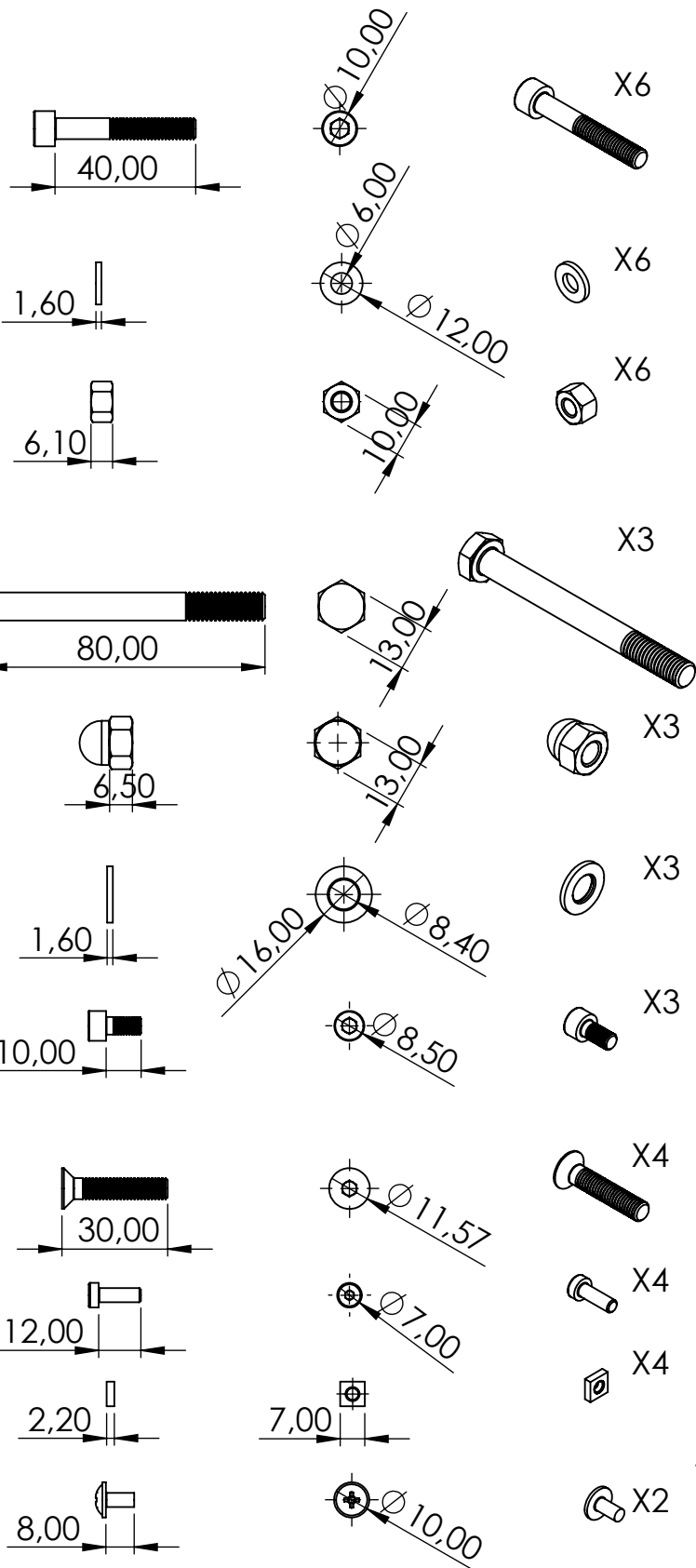
Material	ACOPLADOR UNIVERSAL	PLANO 18		
PLA	Adaptador robot			
Autor:	Ivaylo Biserov Hadzhiev			
Peso: 96.75g	Formato: A4	Escala: 1:2	Fecha: 27/01/2022	Pág: 39



UNIVERSIDAD DE ALMERÍA

TRABAJO FIN DE GRADO INGENIERÍA MECÁNICA
 DISEÑO DE ELEMENTOS TERMINALES
 MULTIFUNCIÓN PARA UN ROBOT MANIPULADOR INDUSTRIAL

Material	ACOPLADOR UNIVERSAL	PLANO 19		
PLA	Carcasa protectora			
Autor:	Ivaylo Biserov Hadzhiev			
Peso: 13.68g	Formato: A4	Escala: 1:1	Fecha: 27/01/2022	Pág: 41



X6
Tornillo Allen
M6 x 40 - ISO 4762

X6
Arrandela normal
M6 ISO 8738

X6
Tuerca hexagonal
M6 ISO 4034

X3
Tornillo hexagonal
M8 x 80 ISO 4014

X3
Tuerca ciega
M8 DIN 1587

X3
Arrandela plana
A 8.4 DIN 125

X3
Tornillo Allen
M5 x 10 ISO 4762

X4
Tornillo cabeza avellanada
M6 x 30 DIN 7991

X4
Tornillo Allen
M4 x 12 DIN 7984

X4
Arrandela cuadrada
M4 DIN 562

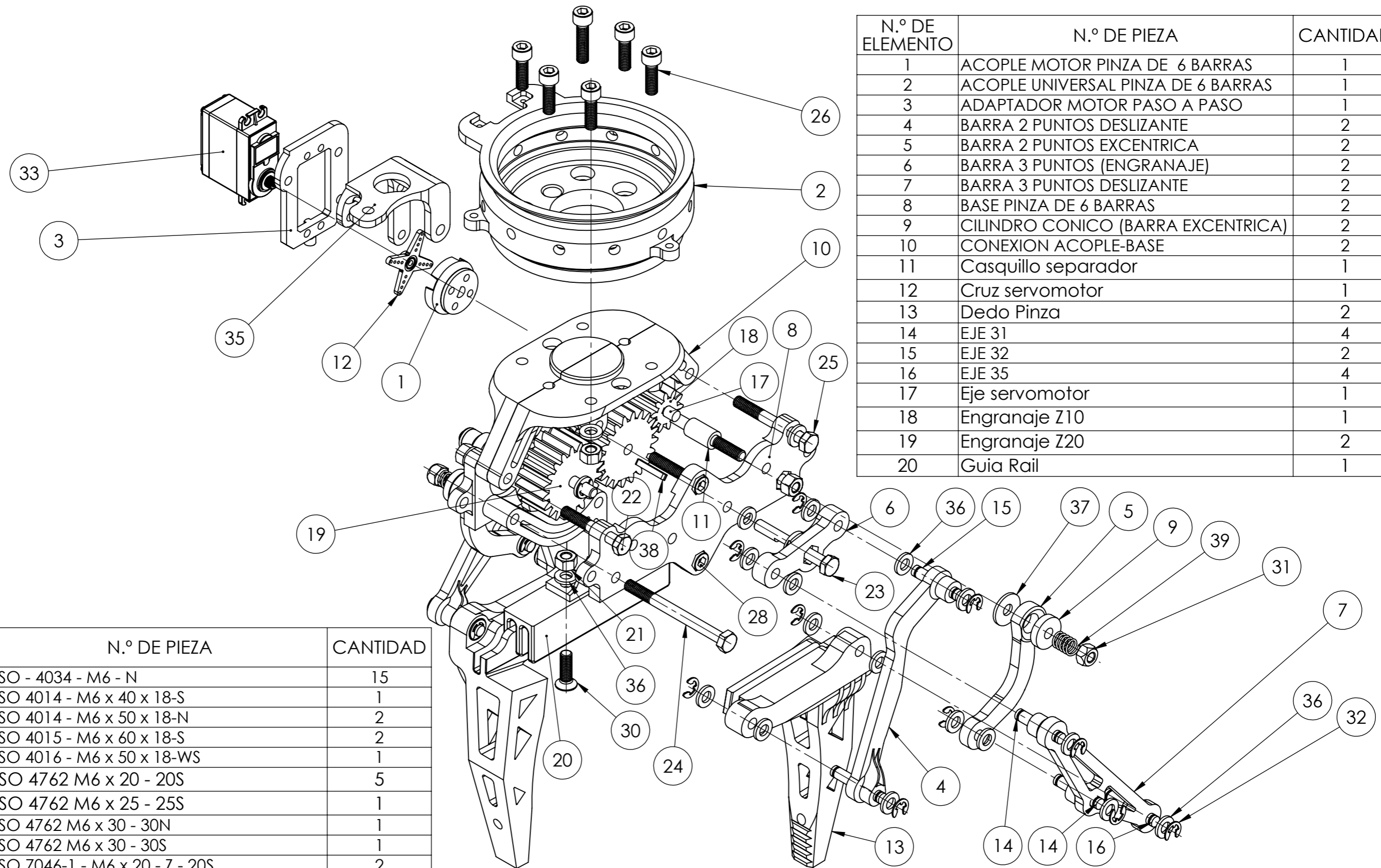
X2
Tornillo cabeza plana cruzada
M4 x 8 DIN 967



UNIVERSIDAD
DE ALMERÍA

TRABAJO FIN DE GRADO INGENIERÍA MECÁNICA
DISEÑO DE ELEMENTOS TERMINALES
MULTIFUNCIÓN PARA UN ROBOT MANIPULADOR INDUSTRIAL

Material	ACOPLADOR UNIVERSAL	PLANO 20		
Acero 1010	Tornillería			
Autor:	Ivaylo Biserov Hadzhiev			
Peso:	Formato: A4	Escala: 1:2	Fecha: 27/01/2022	Pág: 43



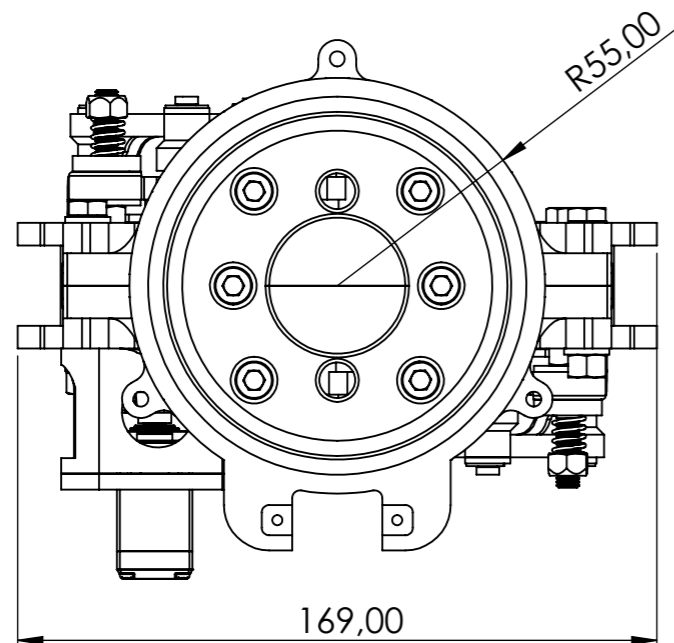
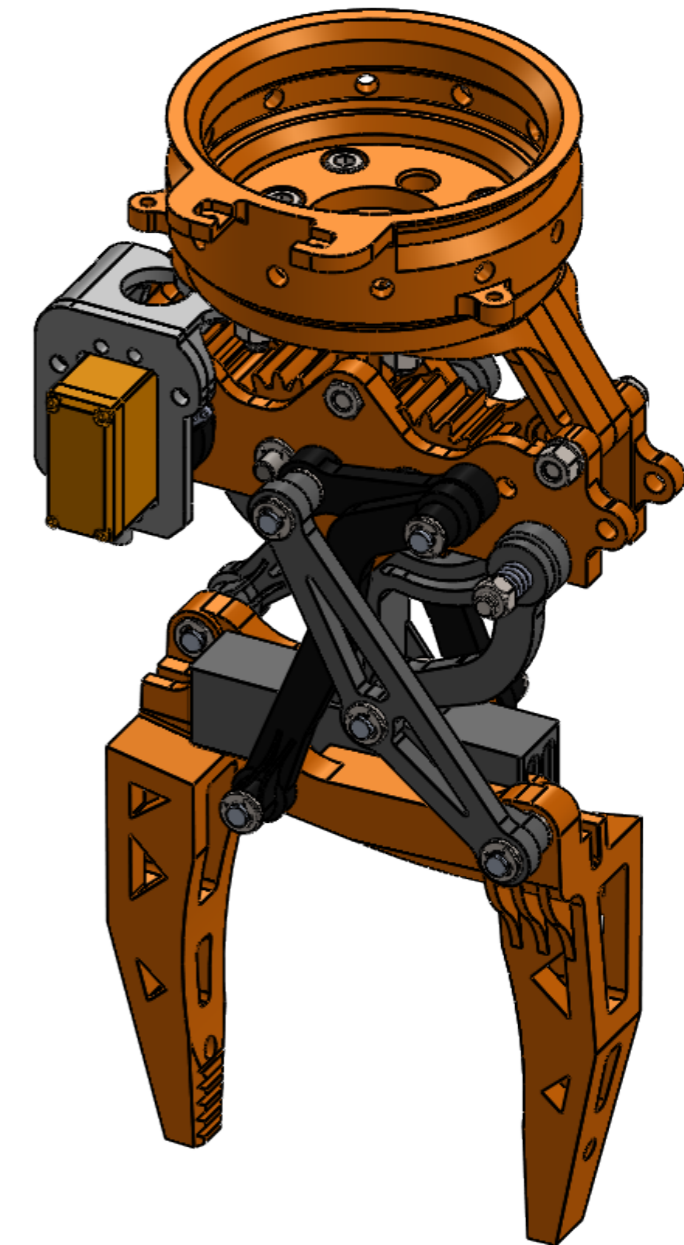
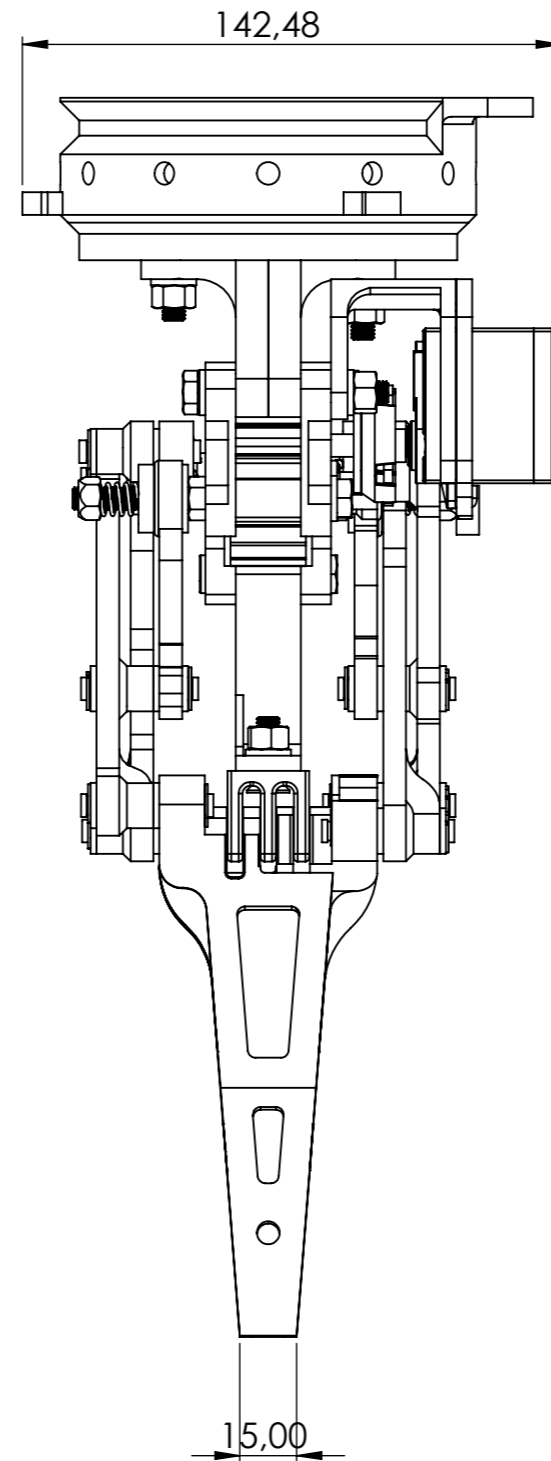
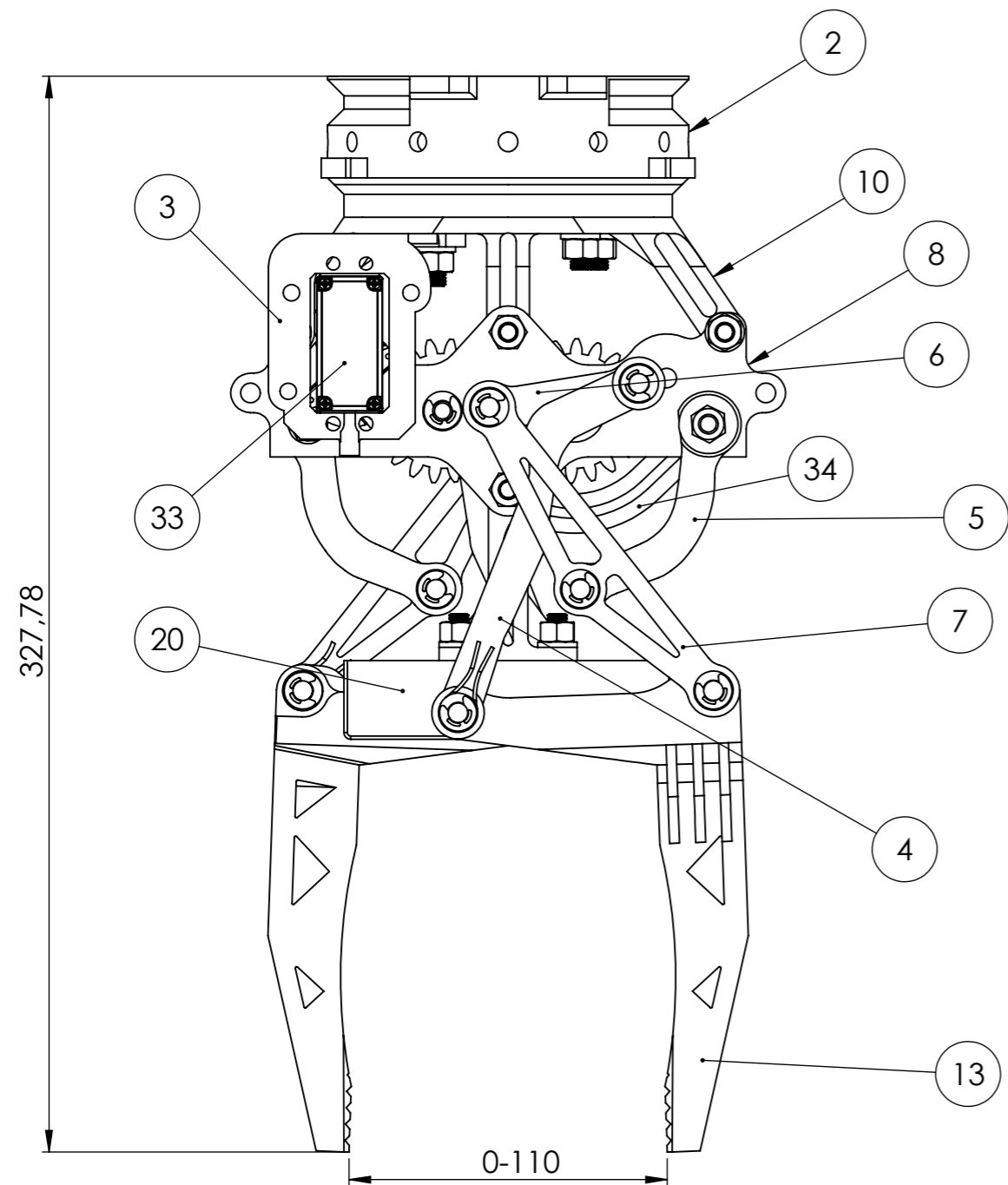
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	ACOPLE MOTOR PINZA DE 6 BARRAS	1
2	ACOPLE UNIVERSAL PINZA DE 6 BARRAS	1
3	ADAPTADOR MOTOR PASO A PASO	1
4	BARRA 2 PUNTOS DESLIZANTE	2
5	BARRA 2 PUNTOS EXCENTRICA	2
6	BARRA 3 PUNTOS (ENGRANAJE)	2
7	BARRA 3 PUNTOS DESLIZANTE	2
8	BASE PINZA DE 6 BARRAS	2
9	CILINDRO CONICO (BARRA EXCENTRICA)	2
10	CONEXION ACOPLE-BASE	2
11	Casquillo separador	1
12	Cruz servomotor	1
13	Dedo Pinza	2
14	EJE 31	4
15	EJE 32	2
16	EJE 35	4
17	Eje servomotor	1
18	Engranaje Z10	1
19	Engranaje Z20	2
20	Guia Rail	1

N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
21	ISO - 4034 - M6 - N	15
22	ISO 4014 - M6 x 40 x 18-S	1
23	ISO 4014 - M6 x 50 x 18-N	2
24	ISO 4015 - M6 x 60 x 18-S	2
25	ISO 4016 - M6 x 50 x 18-WS	1
26	ISO 4762 M6 x 20 - 20S	5
27	ISO 4762 M6 x 25 - 25S	1
28	ISO 4762 M6 x 30 - 30N	1
29	ISO 4762 M6 x 30 - 30S	1
30	ISO 7046-1 - M6 x 20 - Z - 20S	2
31	ISO 7719-M6-N	2
32	Lock washer DIN 6799 - 5	22
33	MG996R Servo	1
34	SOPORTE GUIA-RAIL	1
35	SOPORTE MOTOR PINZA	1
36	Washer ISO 7089 - 6	49
37	Washer ISO 7093 - 6	2
38	cahjeta 3x3 a 20	3
39	muelle 10mm	2



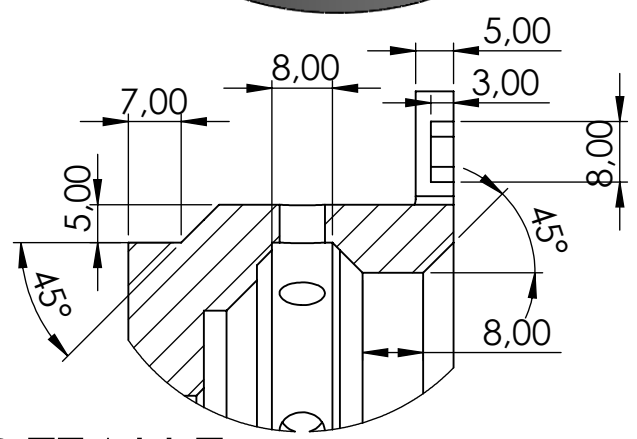
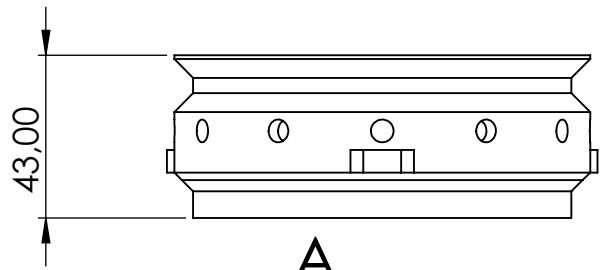
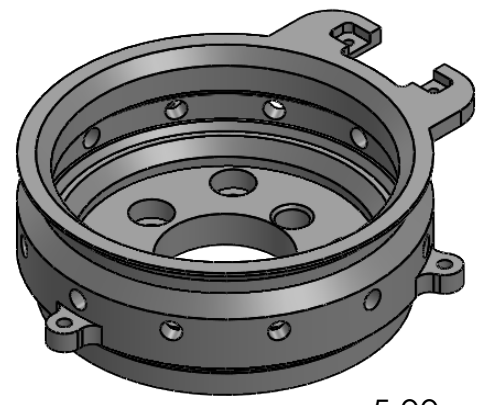
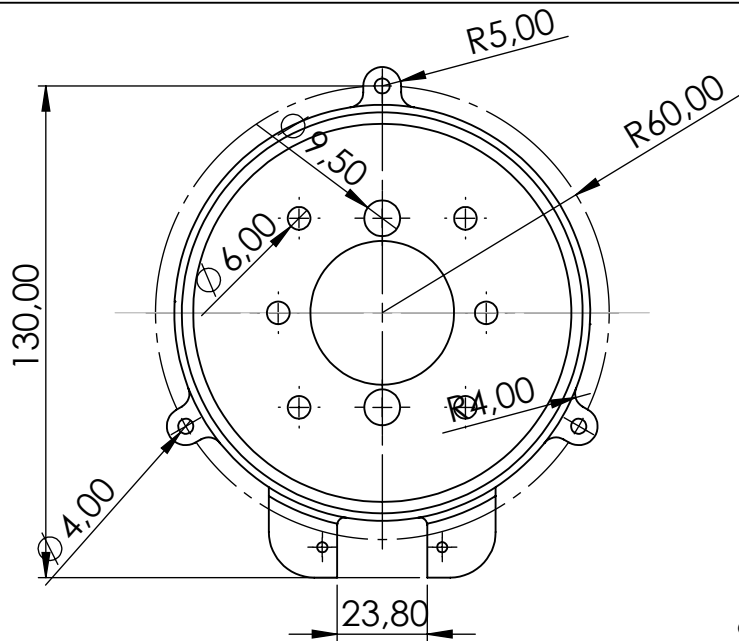
TRABAJO FIN DE GRADO INGENIERÍA MECÁNICA
DISEÑO DE ELEMENTOS TERMINALES
MULTIFUNCIÓN PARA UN ROBOT MANIPULADOR INDUSTRIAL

Material	PINZA DE SEIS BARRAS	PLANO
	Ensamblaje Pinza de seis barras	21
Autor:	Ivaylo Biserov Hadzhiev	
Peso: 1187 g	Formato: A3	Escala: 1:2
	Fecha: 26/01/2022	Pág: 45

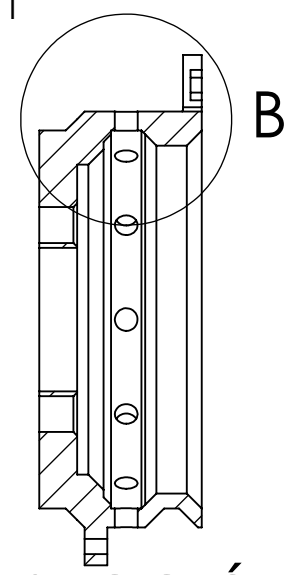
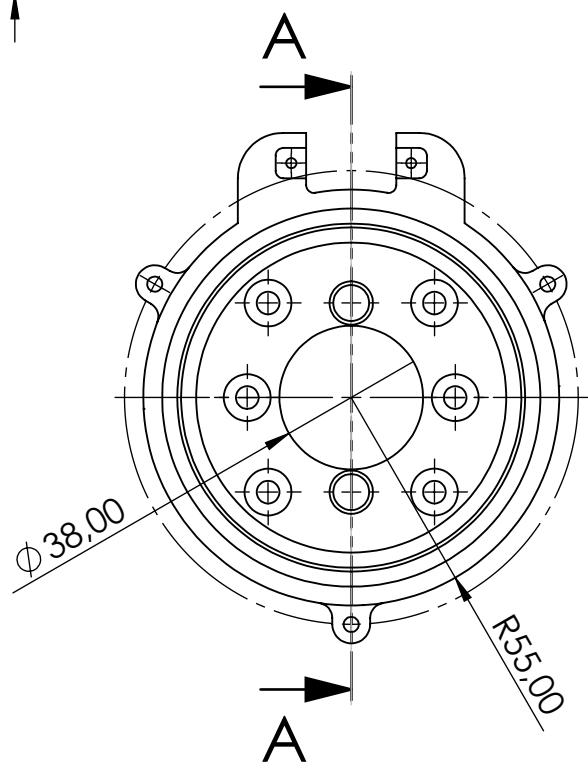


TRABAJO FIN DE GRADO INGENIERÍA MECÁNICA
 DISEÑO DE ELEMENTOS TERMINALES
 MULTIFUNCIÓN PARA UN ROBOT MANIPULADOR INDUSTRIAL

Material	PINZA DE SEIS BARRAS	PLANO
	Ensamblaje Pinza de seis barras	
Autor:	Ivaylo Biserov Hadzhiev	22
Peso: 1187 g	Formato: A3	Escala: 1:2
		Fecha: 26/01/2022
		Pág: 47



DETALLE B
ESCALA 1 : 1



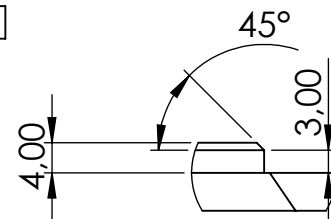
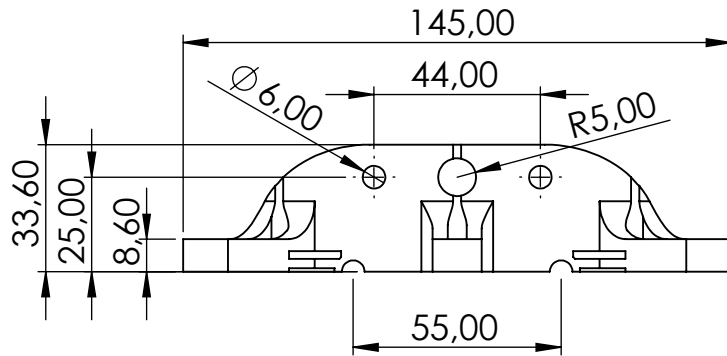
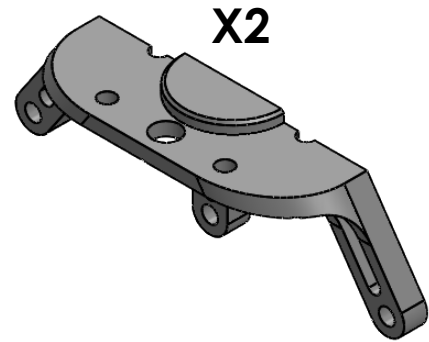
SECCIÓN A-A
ESCALA 1 : 2



UNIVERSIDAD DE ALMERÍA

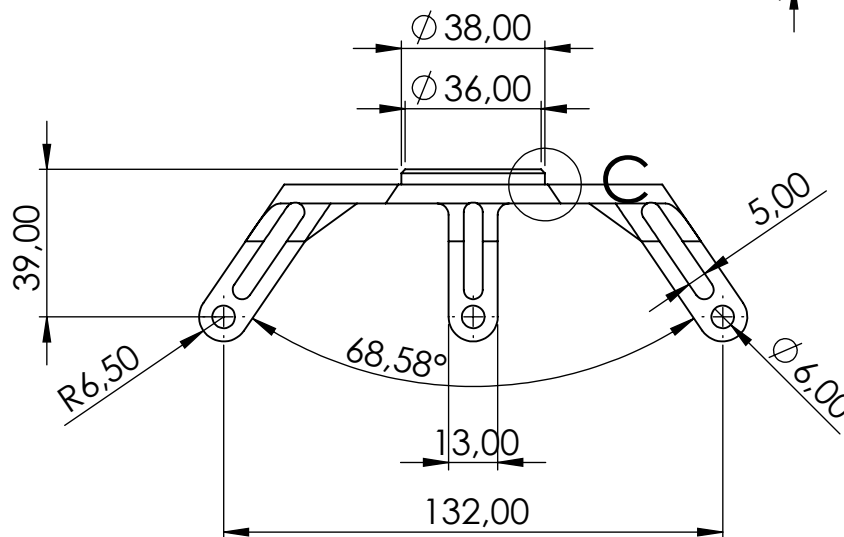
TRABAJO FIN DE GRADO INGENIERÍA MECÁNICA
DISEÑO DE ELEMENTOS TERMINALES
MULTIFUNCIÓN PARA UN ROBOT MANIPULADOR INDUSTRIAL

Material	PINZA DE SEIS BARRAS	PLANO 23		
PLA	ACOPLE UNIVERSAL PINZA DE 6 BARRAS			
Autor:	Ivaylo Biserov Hadzhiev			
Peso: 178.06	Formato: A4	Escala: 1:2	Fecha: 27/01/2022	Pág: 49



DETALLE C

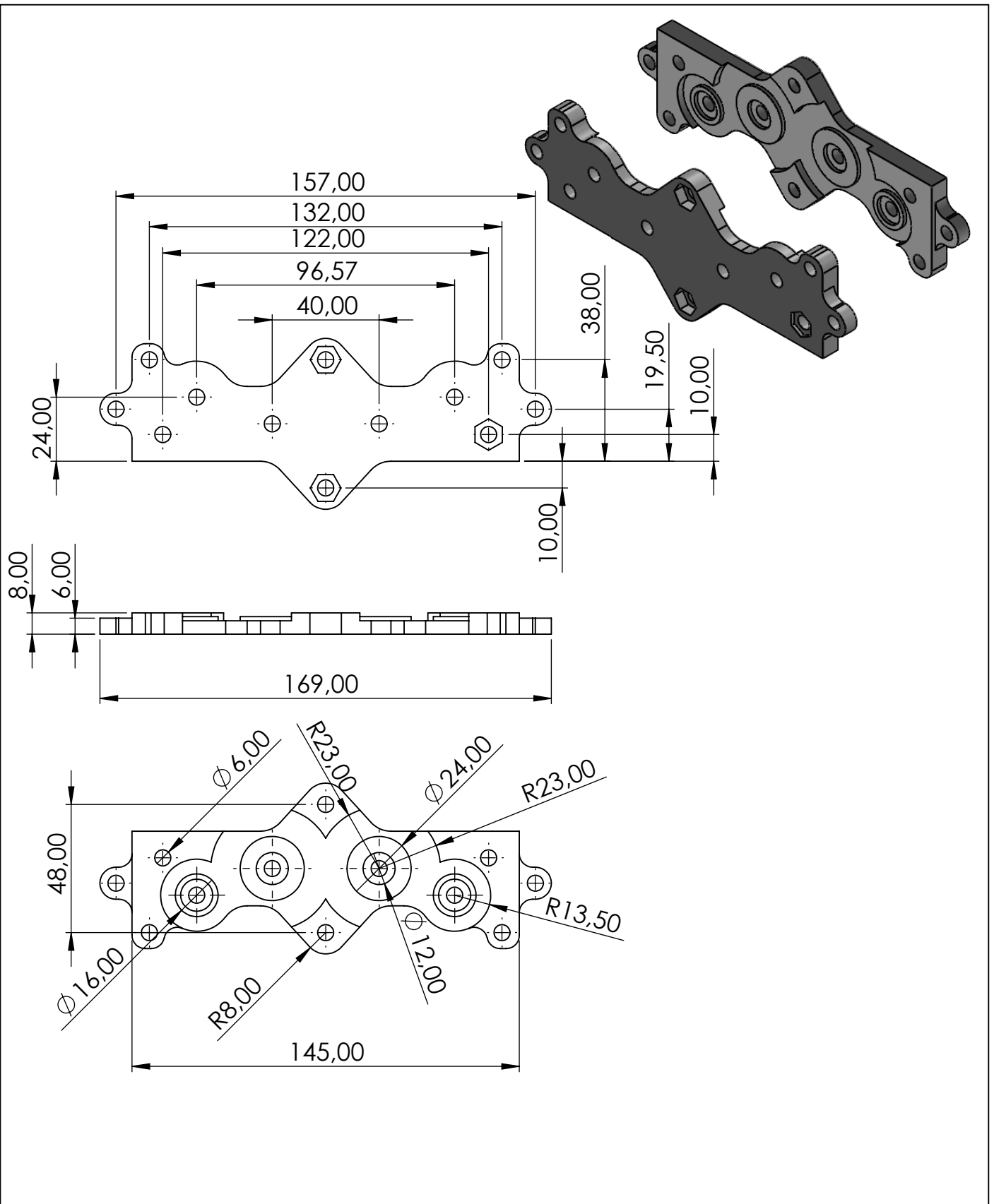
ESCALA 1 : 1



**UNIVERSIDAD
DE ALMERÍA**

TRABAJO FIN DE GRADO INGENIERÍA MECÁNICA
DISEÑO DE ELEMENTOS TERMINALES
MULTIFUNCIÓN PARA UN ROBOT MANIPULADOR INDUSTRIAL

Material	PINZA DE SEIS BARRAS		PLANO 24	
	CONEXION ACOPLE-BASE			
	Autor:	Ivaylo Biserov Hadzhiev		
Peso:	Formato: A4	Escala: 1:5	Fecha: 27/01/2022	Pág: 51

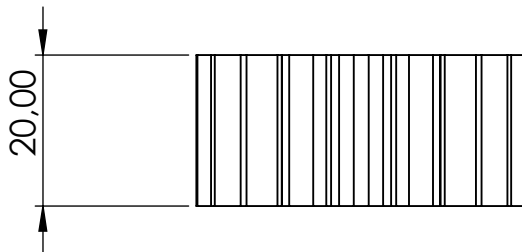
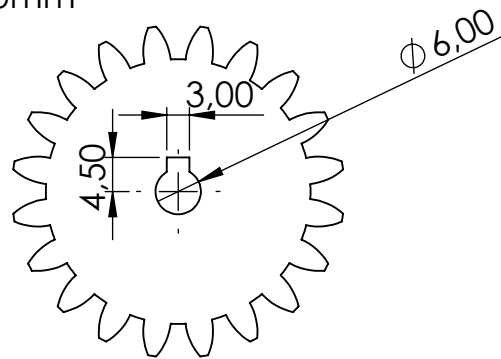


TRABAJO FIN DE GRADO INGENIERÍA MECÁNICA
DISEÑO DE ELEMENTOS TERMINALES
MULTIFUNCIÓN PARA UN ROBOT MANIPULADOR INDUSTRIAL

Material	PINZA DE SEIS BARRAS		PLANO 25	
	BASE PINZA DE 6 BARRAS			
	Autor:	Ivaylo Biserov Hadzhiev		
Peso:	Formato: A4	Escala: 1:5	Fecha: 27/01/2022	Pág: 53



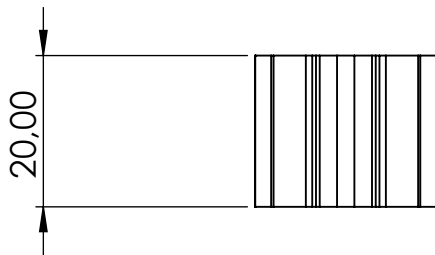
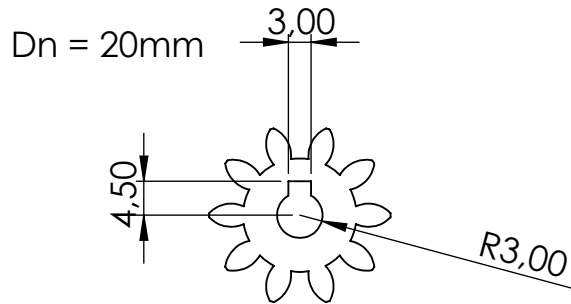
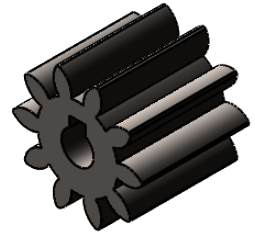
$D_n = 40\text{mm}$



UNIVERSIDAD
DE ALMERÍA

TRABAJO FIN DE GRADO INGENIERÍA MECÁNICA
DISEÑO DE ELEMENTOS TERMINALES
MULTIFUNCIÓN PARA UN ROBOT MANIPULADOR INDUSTRIAL

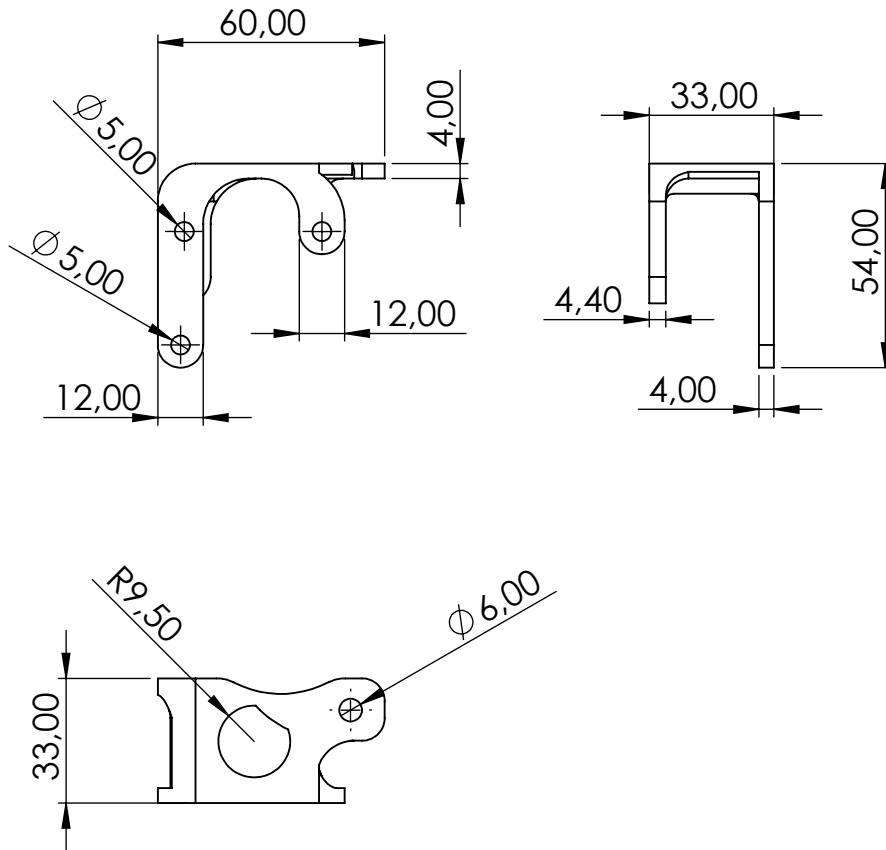
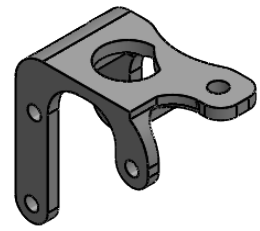
Material	PINZA DE SEIS BARRAS		PLANO 26	
	ENGRANAJE Z10			
	Autor:	Ivaylo Biserov Hadzhiev		
Peso:	Formato: A4	Escala: 1:5	Fecha: 27/01/2022	Pág: 55



UNIVERSIDAD
DE ALMERÍA

TRABAJO FIN DE GRADO INGENIERÍA MECÁNICA
 DISEÑO DE ELEMENTOS TERMINALES
 MULTIFUNCIÓN PARA UN ROBOT MANIPULADOR INDUSTRIAL

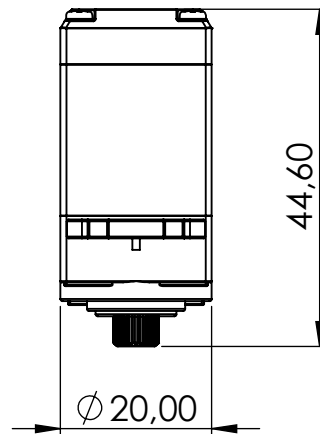
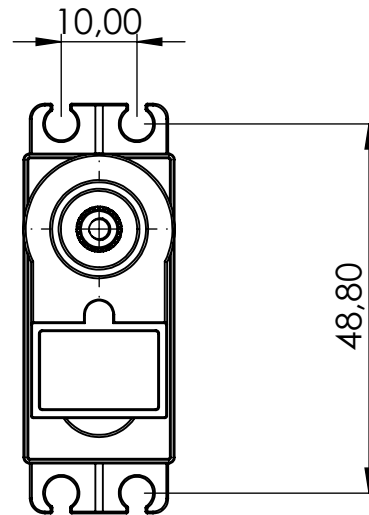
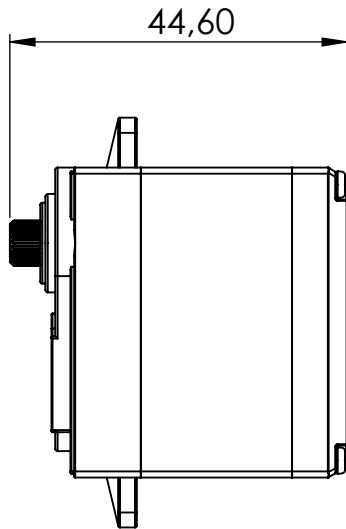
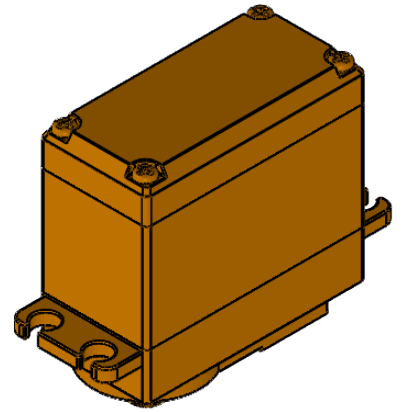
Material	PINZA DE SEIS BARRAS		PLANO 27	
	ENGRANAJE Z10			
	Autor:	Ivaylo Biserov Hadzhiev		
Peso:	Formato: A4	Escala: 1:5	Fecha: 27/01/2022	Pág: 57



UNIVERSIDAD
DE ALMERÍA

TRABAJO FIN DE GRADO INGENIERÍA MECÁNICA
DISEÑO DE ELEMENTOS TERMINALES
MULTIFUNCIÓN PARA UN ROBOT MANIPULADOR INDUSTRIAL

Material	PINZA DE SEIS BARRAS		PLANO 28	
	SOPORTE MOTOR PINZA			
	Autor:	Ivaylo Biserov Hadzhiev		
Peso:	Formato: A4	Escala: 1:5	Fecha: 27/01/2022	Pág: 59

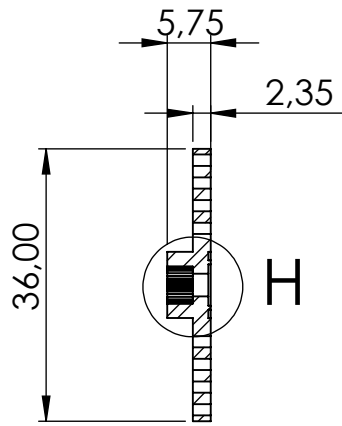
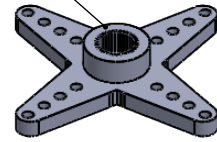


UNIVERSIDAD
DE ALMERÍA

TRABAJO FIN DE GRADO INGENIERÍA MECÁNICA
DISEÑO DE ELEMENTOS TERMINALES
MULTIFUNCIÓN PARA UN ROBOT MANIPULADOR INDUSTRIAL

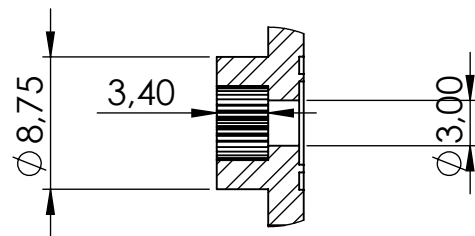
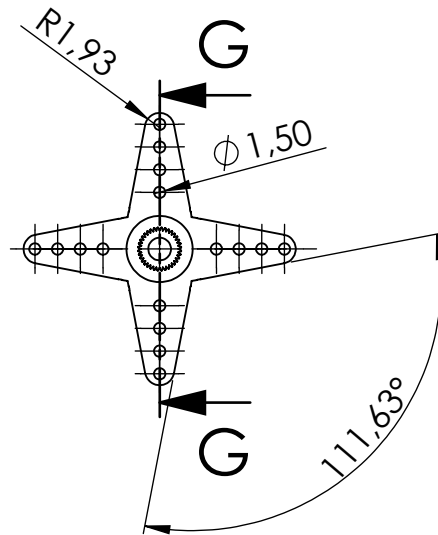
Material	PINZA DE SEIS BARRAS		PLANO 29	
	MG996R Servo			
	Autor:	Ivaylo Biserov Hadzhiev		
Peso:	Formato: A4	Escala: 1:5	Fecha: 27/01/2022	Pág: 61

Entrada motor



SECCIÓN G-G

ESCALA 1 : 1



DETALLE H

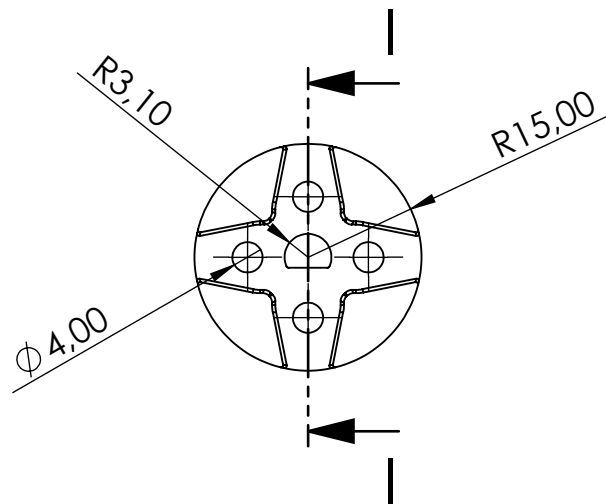
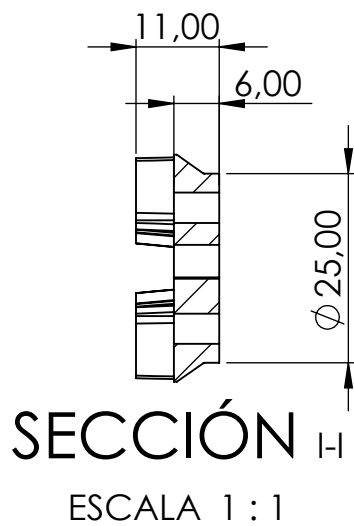
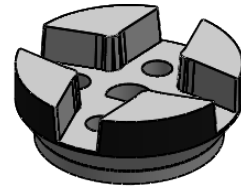
ESCALA 2 : 1



UNIVERSIDAD DE ALMERÍA

TRABAJO FIN DE GRADO INGENIERÍA MECÁNICA
 DISEÑO DE ELEMENTOS TERMINALES
 MULTIFUNCIÓN PARA UN ROBOT MANIPULADOR INDUSTRIAL

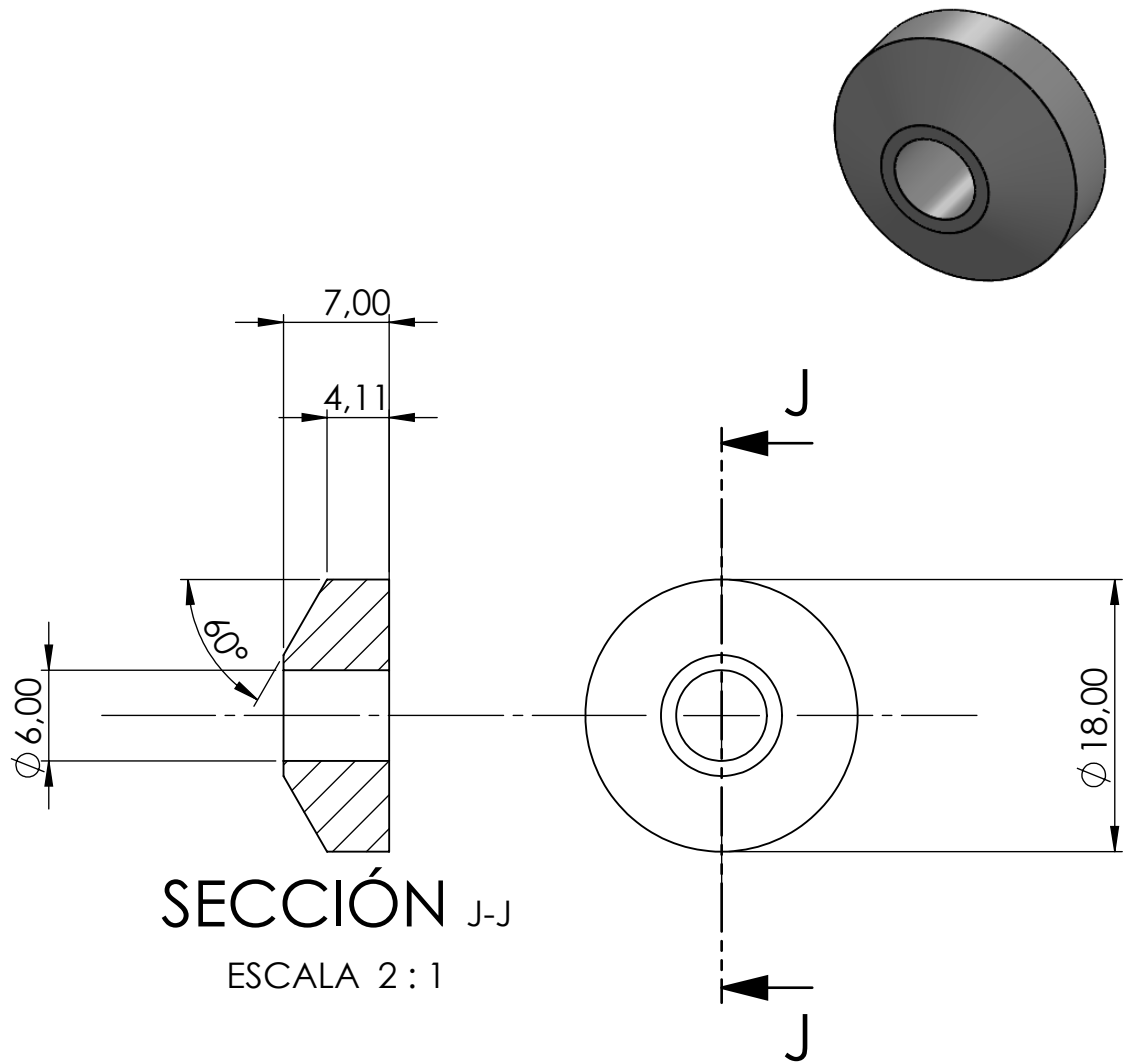
Material	PINZA DE SEIS BARRAS		PLANO 30	
	Cruz servomotor			
	Autor:	Ivaylo Biserov Hadzhiev		
Peso:	Formato: A4	Escala: 1:5	Fecha: 27/01/2022	Pág: 63



**UNIVERSIDAD
DE ALMERÍA**

TRABAJO FIN DE GRADO INGENIERÍA MECÁNICA
DISEÑO DE ELEMENTOS TERMINALES
MULTIFUNCIÓN PARA UN ROBOT MANIPULADOR INDUSTRIAL

Material	PINZA DE SEIS BARRAS		PLANO 31	
	ACOPLE MOTOR PINZA DE 6 BARRAS			
	Autor:	Ivaylo Biserov Hadzhiev		
Peso:	Formato: A4	Escala: 1:5	Fecha: 27/01/2022	Pág: 65



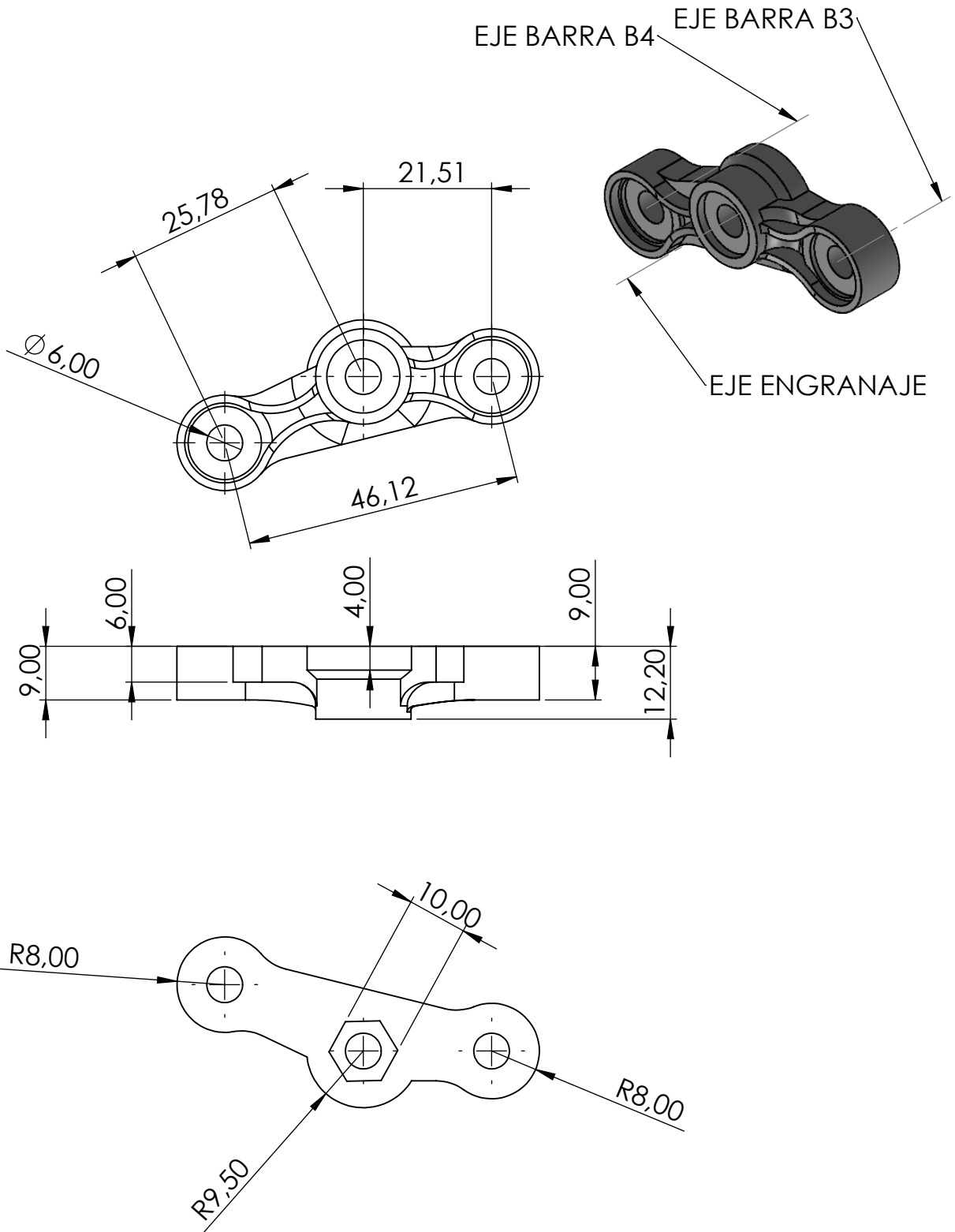
SECCIÓN J-J
ESCALA 2 : 1



UNIVERSIDAD
DE ALMERÍA

TRABAJO FIN DE GRADO INGENIERÍA MECÁNICA
DISEÑO DE ELEMENTOS TERMINALES
MULTIFUNCIÓN PARA UN ROBOT MANIPULADOR INDUSTRIAL

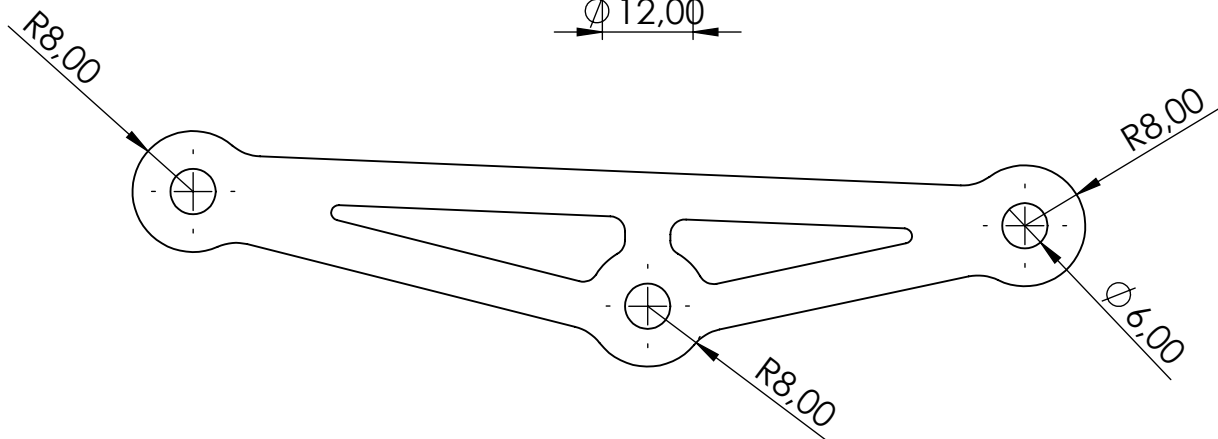
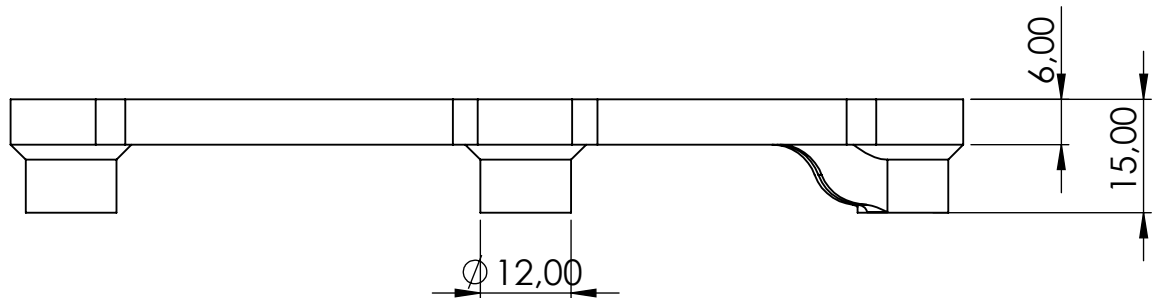
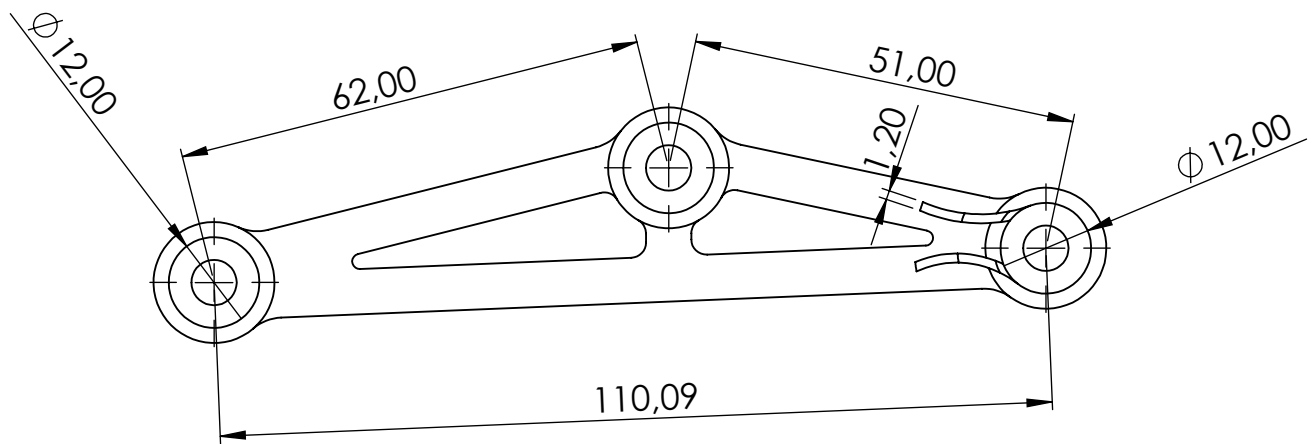
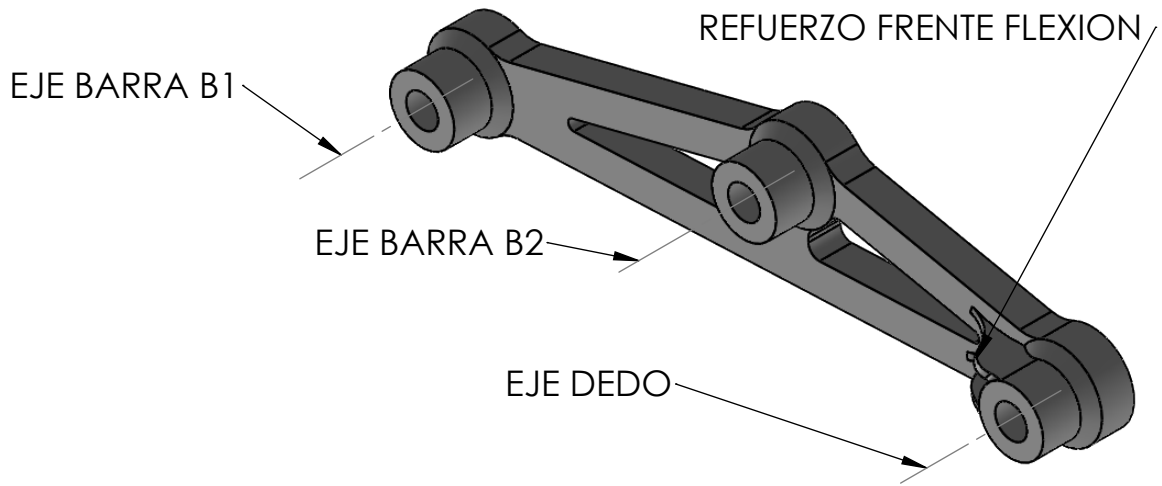
Material	PINZA DE SEIS BARRAS	PLANO 32		
	CILINDRO CONICO (BARRA EXCENTRICA)			
	Autor: Ivaylo Biserov Hadzhiev			
Peso:	Formato: A4	Escala: 1:5	Fecha: 27/01/2022	Pág: 67



UNIVERSIDAD
DE ALMERÍA

TRABAJO FIN DE GRADO INGENIERÍA MECÁNICA
 DISEÑO DE ELEMENTOS TERMINALES
 MULTIFUNCIÓN PARA UN ROBOT MANIPULADOR INDUSTRIAL

Material	PINZA DE SEIS BARRAS		PLANO 33	
	BARRA 3 PUNTOS (ENGRANAJE) B1			
	Autor:	Ivaylo Biserov Hadzhiev		
Peso:	Formato: A4	Escala: 1:5	Fecha: 27/01/2022	Pág: 69



UNIVERSIDAD
DE ALMERÍA

TRABAJO FIN DE GRADO INGENIERÍA MECÁNICA
DISEÑO DE ELEMENTOS TERMINALES
MULTIFUNCIÓN PARA UN ROBOT MANIPULADOR INDUSTRIAL

Material	PINZA DE SEIS BARRAS		PLANO 34	
	BARRA 3 PUNTOS DESLIZANTE B3			
	Autor:	Ivaylo Biserov Hadzhiev		
Peso:	Formato: A4	Escala: 1:5	Fecha: 27/01/2022	Pág: 71

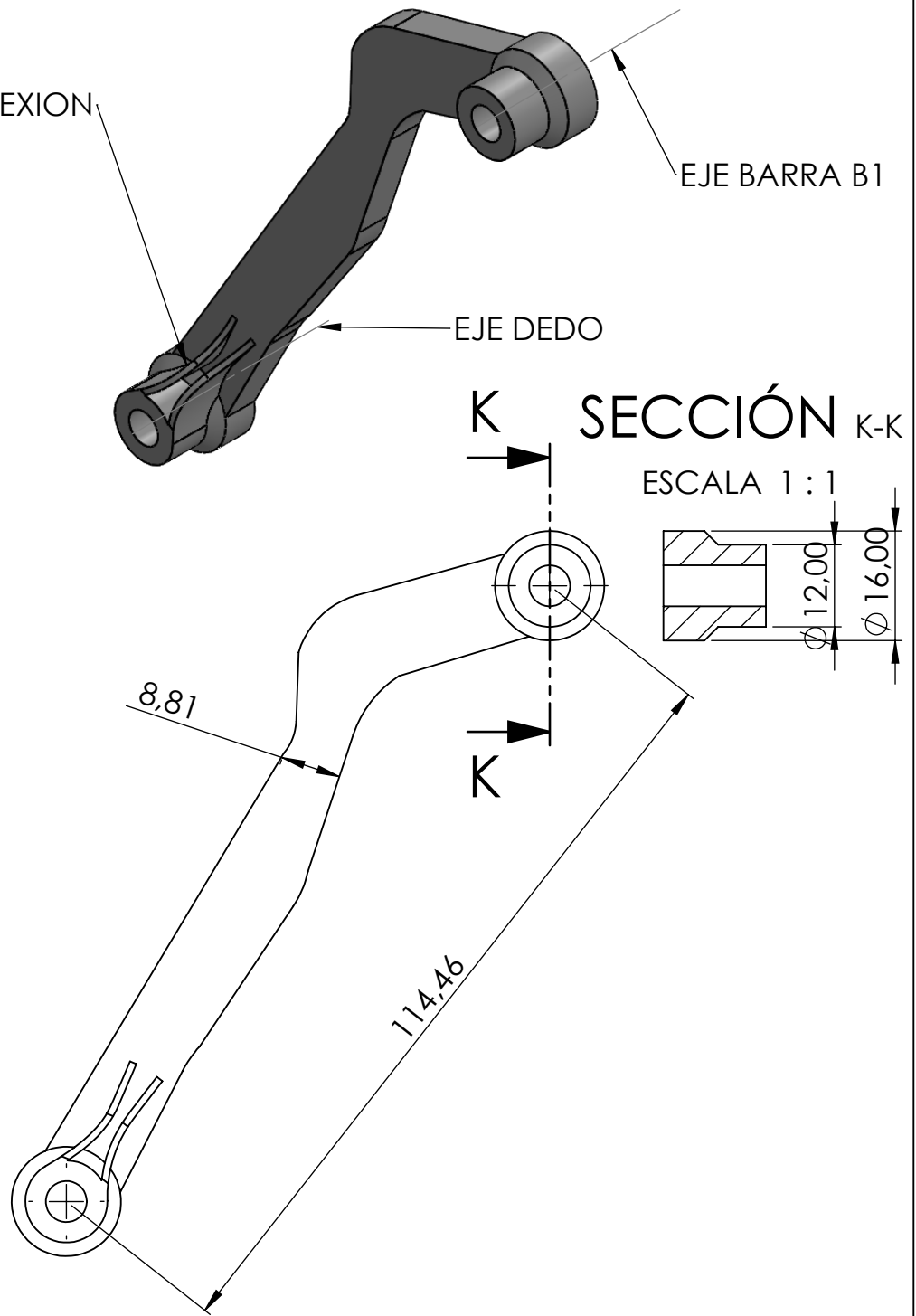
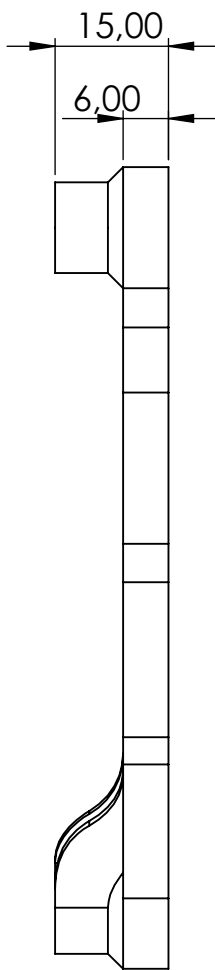
REFUERZO FRENTE FLEXION

EJE BARRA B1

EJE DEDO

SECCIÓN K-K

ESCALA 1:1



UNIVERSIDAD
DE ALMERÍA

TRABAJO FIN DE GRADO INGENIERÍA MECÁNICA
DISEÑO DE ELEMENTOS TERMINALES
MULTIFUNCIÓN PARA UN ROBOT MANIPULADOR INDUSTRIAL

Material

PINZA DE SEIS BARRAS

PLANO

BARRA 2 PUNTOS DESLIZANTE B4

35

Autor:

Ivaylo Biserov Hadzhiev

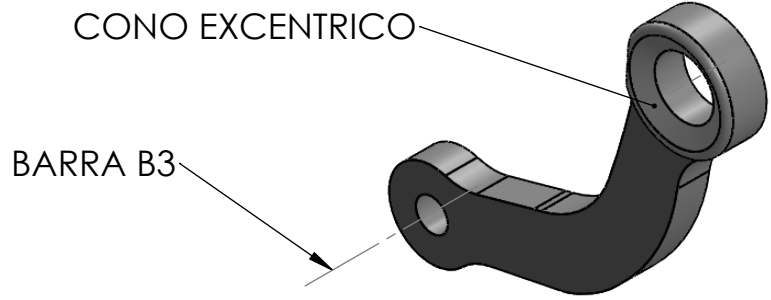
Peso:

Formato: A4

Escala: 1:5

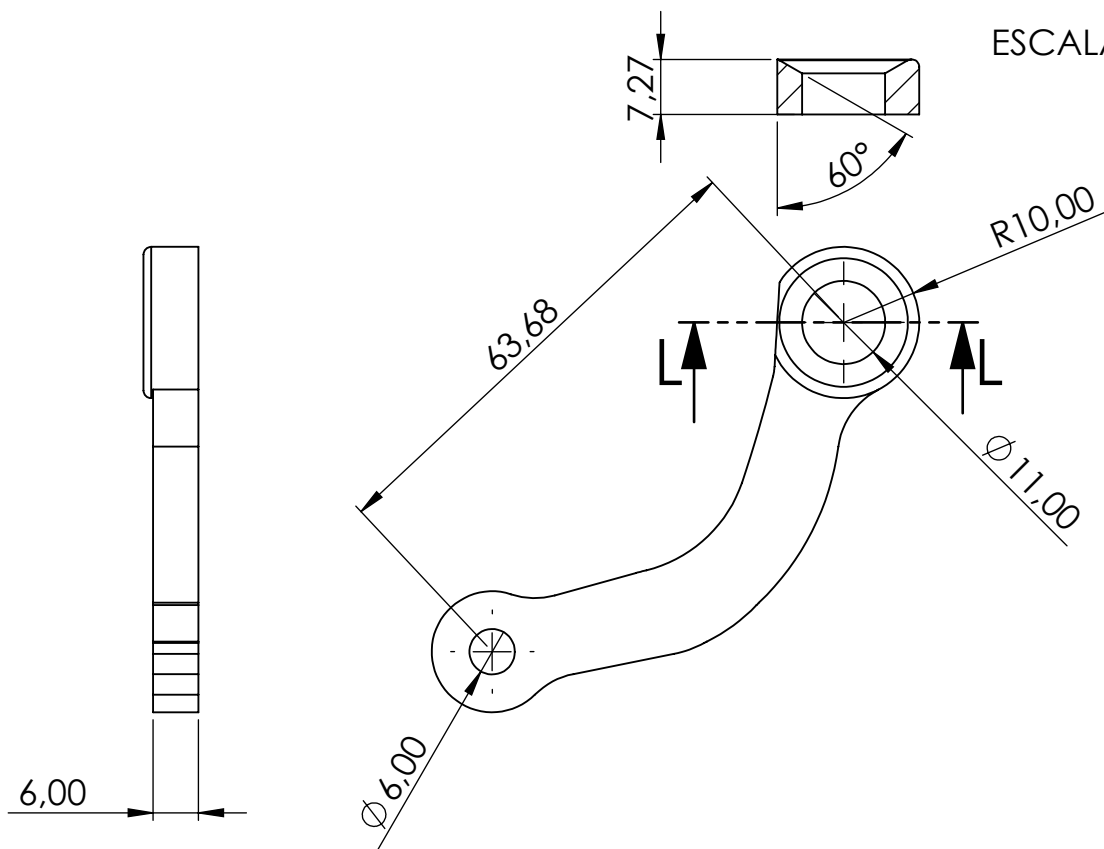
Fecha: 27/01/2022

Pág: 73



SECCIÓN L-L

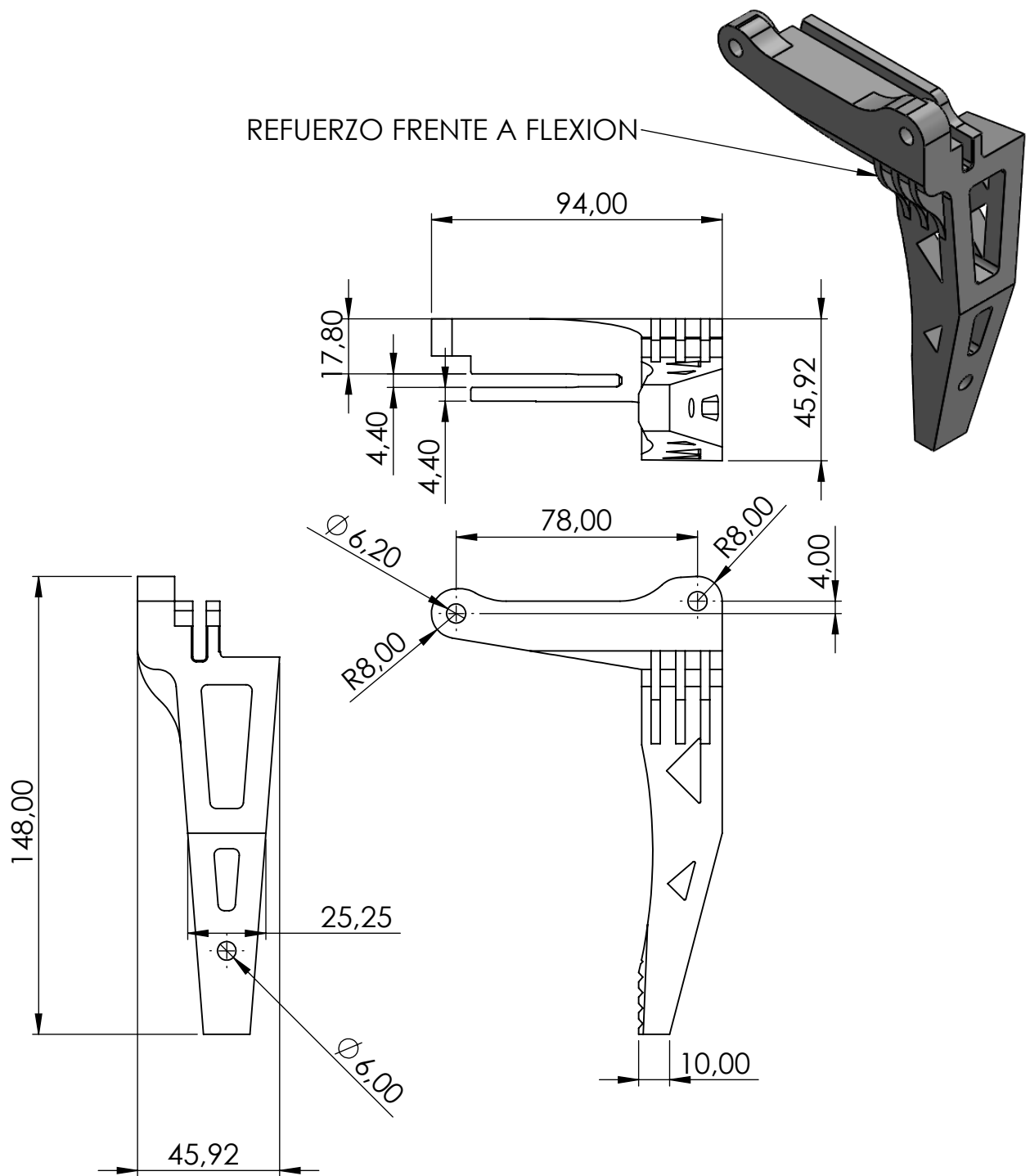
ESCALA 1 : 1



UNIVERSIDAD
DE ALMERÍA

TRABAJO FIN DE GRADO INGENIERÍA MECÁNICA
DISEÑO DE ELEMENTOS TERMINALES
MULTIFUNCIÓN PARA UN ROBOT MANIPULADOR INDUSTRIAL

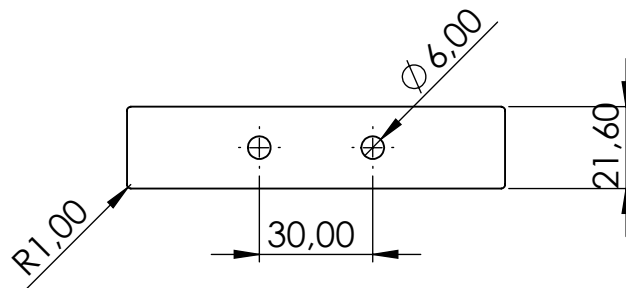
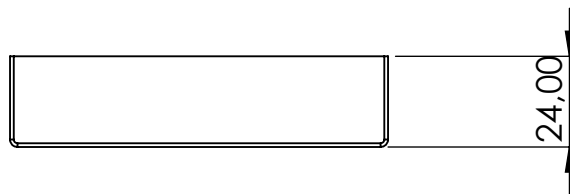
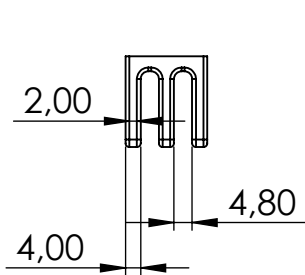
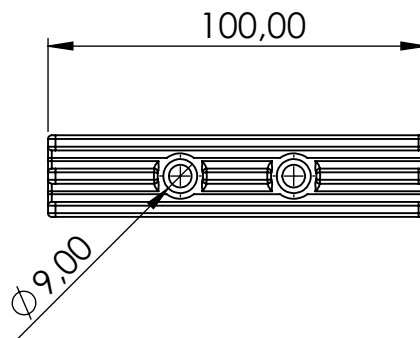
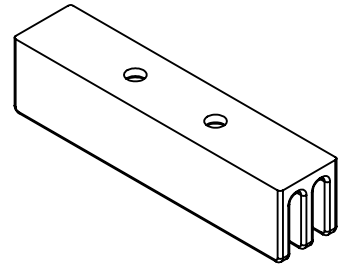
Material	PINZA DE SEIS BARRAS	PLANO 36		
PLA	BARRA 2 PUNTOS EXCENTRICA B2			
Autor:	Ivaylo Biserov Hadzhiev			
Peso: 7.78	Formato: A4	Escala: 1:5	Fecha: 27/01/2022	Pág: 75



UNIVERSIDAD
DE ALMERÍA

TRABAJO FIN DE GRADO INGENIERÍA MECÁNICA
DISEÑO DE ELEMENTOS TERMINALES
MULTIFUNCIÓN PARA UN ROBOT MANIPULADOR INDUSTRIAL

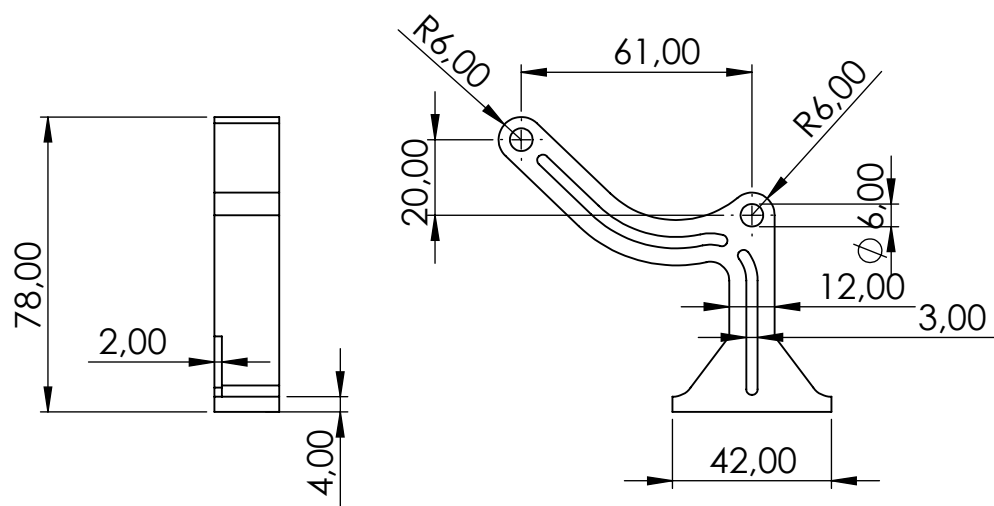
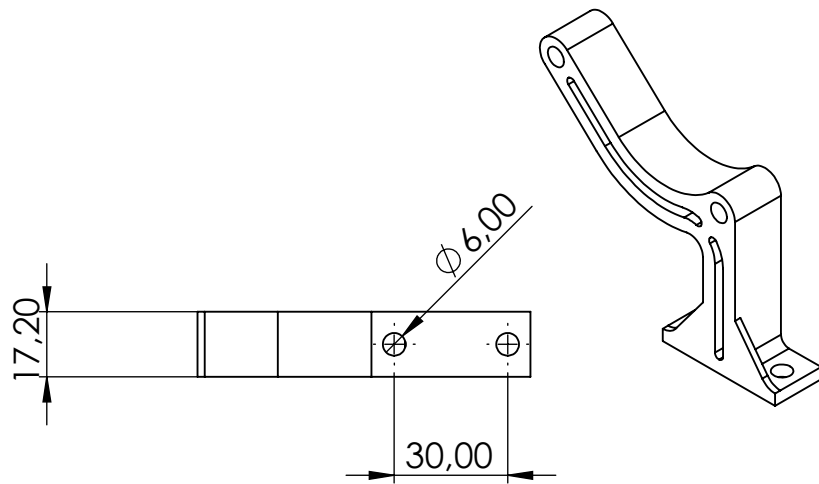
Material	PINZA DE SEIS BARRAS	PLANO 37		
	Dedo Pinza			
	Autor: Ivaylo Biserov Hadzhiev			
Peso:	Formato: A4	Escala: 1:5	Fecha: 27/01/2022	Pág: 77



UNIVERSIDAD
DE ALMERÍA

TRABAJO FIN DE GRADO INGENIERÍA MECÁNICA
DISEÑO DE ELEMENTOS TERMINALES
MULTIFUNCIÓN PARA UN ROBOT MANIPULADOR INDUSTRIAL

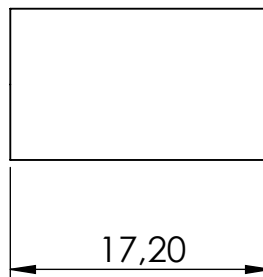
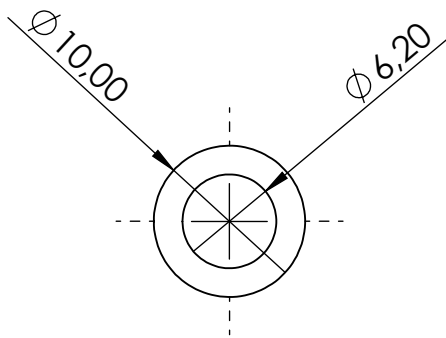
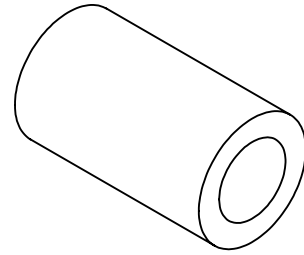
Material	PINZA DE SEIS BARRAS		PLANO 38	
	Guía Rail			
	Autor:	Ivaylo Biserov Hadzhiev		
Peso:	Formato: A4	Escala: 1:5	Fecha: 27/01/2022	Pág: 79



UNIVERSIDAD DE ALMERÍA

TRABAJO FIN DE GRADO INGENIERÍA MECÁNICA
DISEÑO DE ELEMENTOS TERMINALES
MULTIFUNCIÓN PARA UN ROBOT MANIPULADOR INDUSTRIAL

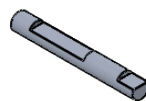
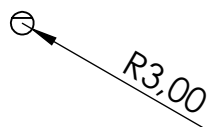
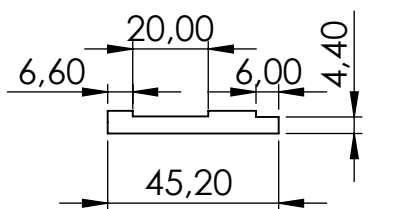
Material	PINZA DE SEIS BARRAS		PLANO	
	SOPORTE GUIA-RAIL			
	Autor:	Ivaylo Biserov Hadzhiev		
Peso:	Formato: A4	Escala: 1:5	Fecha: 27/01/2022	Pág: 81



UNIVERSIDAD
DE ALMERÍA

TRABAJO FIN DE GRADO INGENIERÍA MECÁNICA
DISEÑO DE ELEMENTOS TERMINALES
MULTIFUNCIÓN PARA UN ROBOT MANIPULADOR INDUSTRIAL

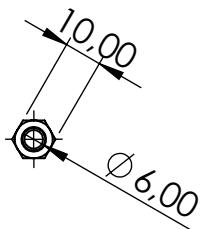
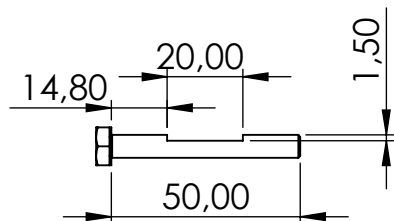
Material	PINZA DE SEIS BARRAS		PLANO 40	
	Casquillo separador			
	Autor:	Ivaylo Biserov Hadzhiev		
Peso:	Formato: A4	Escala: 1:5	Fecha: 27/01/2022	Pág: 83



X1

Eje servo-engranaje

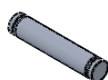
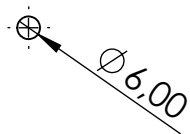
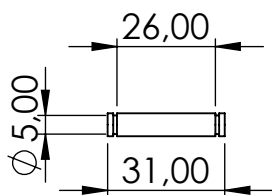
Ø 6 x 45.2 - acero



X2

Eje engranaje Z20

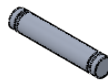
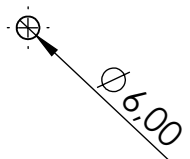
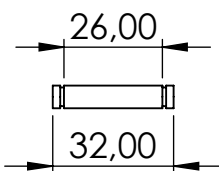
Ø 6 x 50 - acero



X4

Eje 31

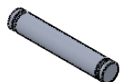
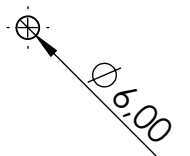
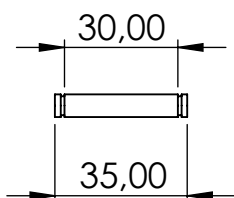
Ø 6 x 31 - acero



X2

Eje 32

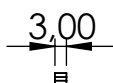
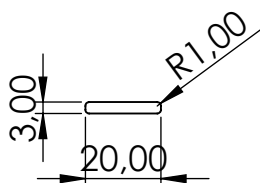
Ø 6 x 32 - acero



X4

Eje 35

Ø 6 x 35 - acero



X3

chaveta

3x3 a 30 - acero



X2

muelle

Ø 6 x 15 - acero



UNIVERSIDAD
DE ALMERÍA

TRABAJO FIN DE GRADO INGENIERÍA MECÁNICA
DISEÑO DE ELEMENTOS TERMINALES
MULTIFUNCIÓN PARA UN ROBOT MANIPULADOR INDUSTRIAL

Material

PINZA DE SEIS BARRAS

PLANO

Tornillería PINZA DE SEIS BARRAS

41

Autor:

Ivaylo Biserov Hadzhiev

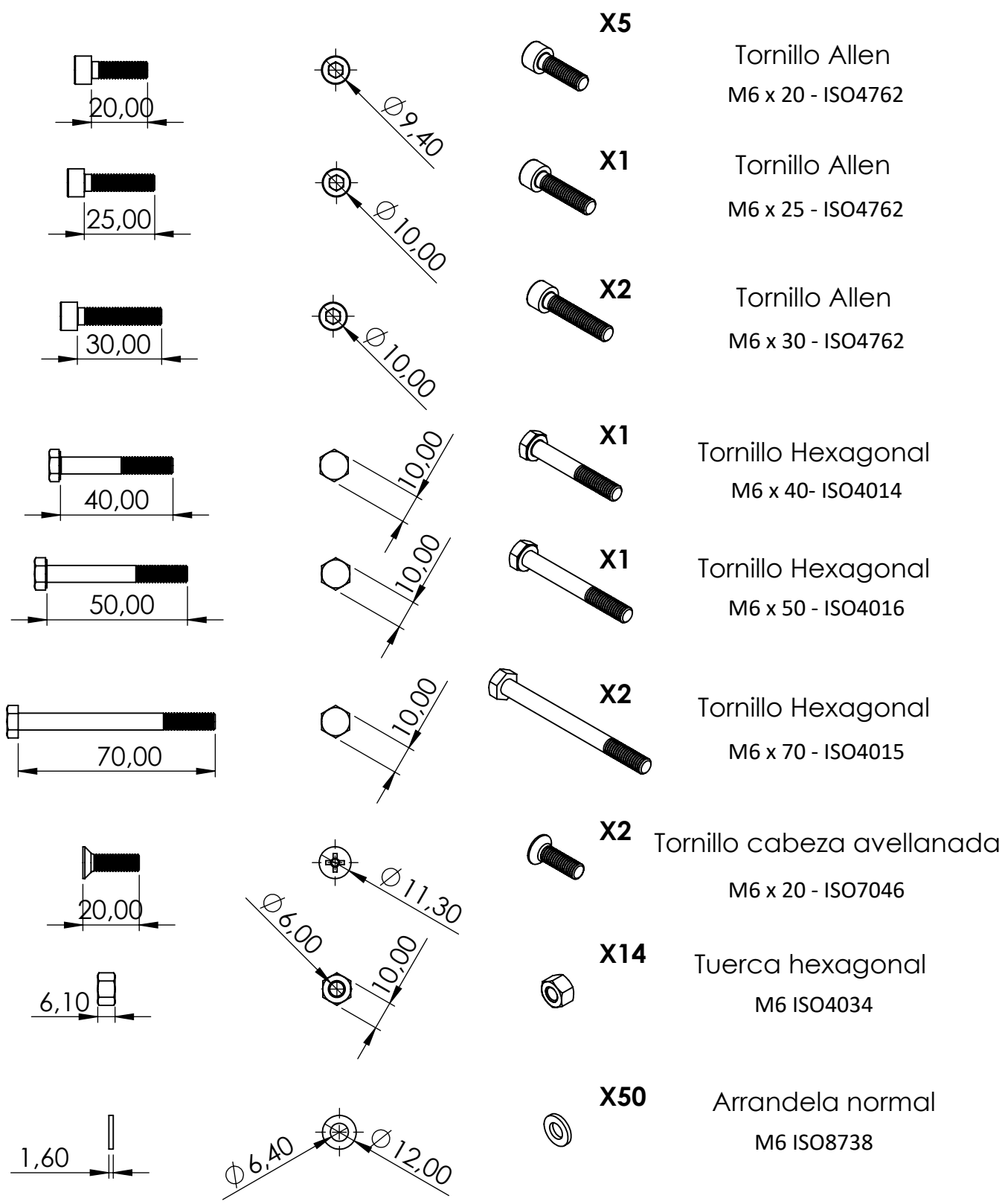
Peso: 178.06

Formato: A4

Escala: 1:5

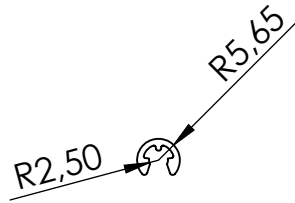
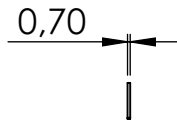
Fecha: 27/01/2022


Pág: 85



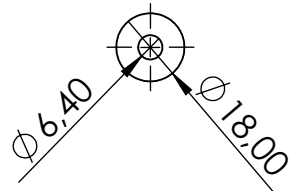
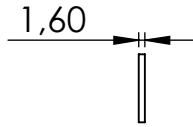
TRABAJO FIN DE GRADO INGENIERÍA MECÁNICA
DISEÑO DE ELEMENTOS TERMINALES
MULTIFUNCIÓN PARA UN ROBOT MANIPULADOR INDUSTRIAL


Material	PINZA DE SEIS BARRAS	PLANO 42		
	Tornillería PINZA DE SEIS BARRAS			
	Autor: Ivaylo Biserov Hadzhiev			
Peso: 178.06	Formato: A4	Escala: 1:5	Fecha: 27/01/2022	Pág: 87



X22


Anillo de retencion
 5 - DIN6799



X2


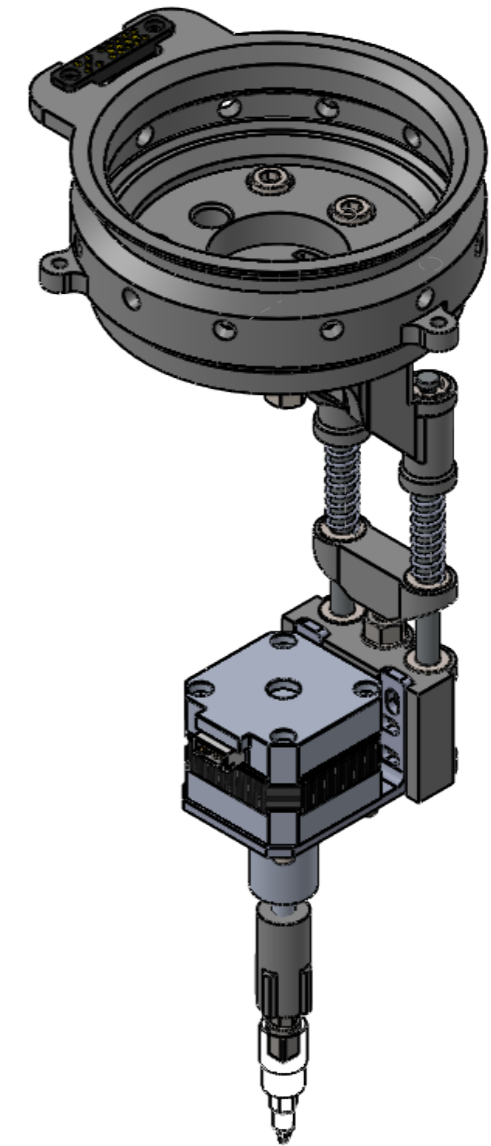
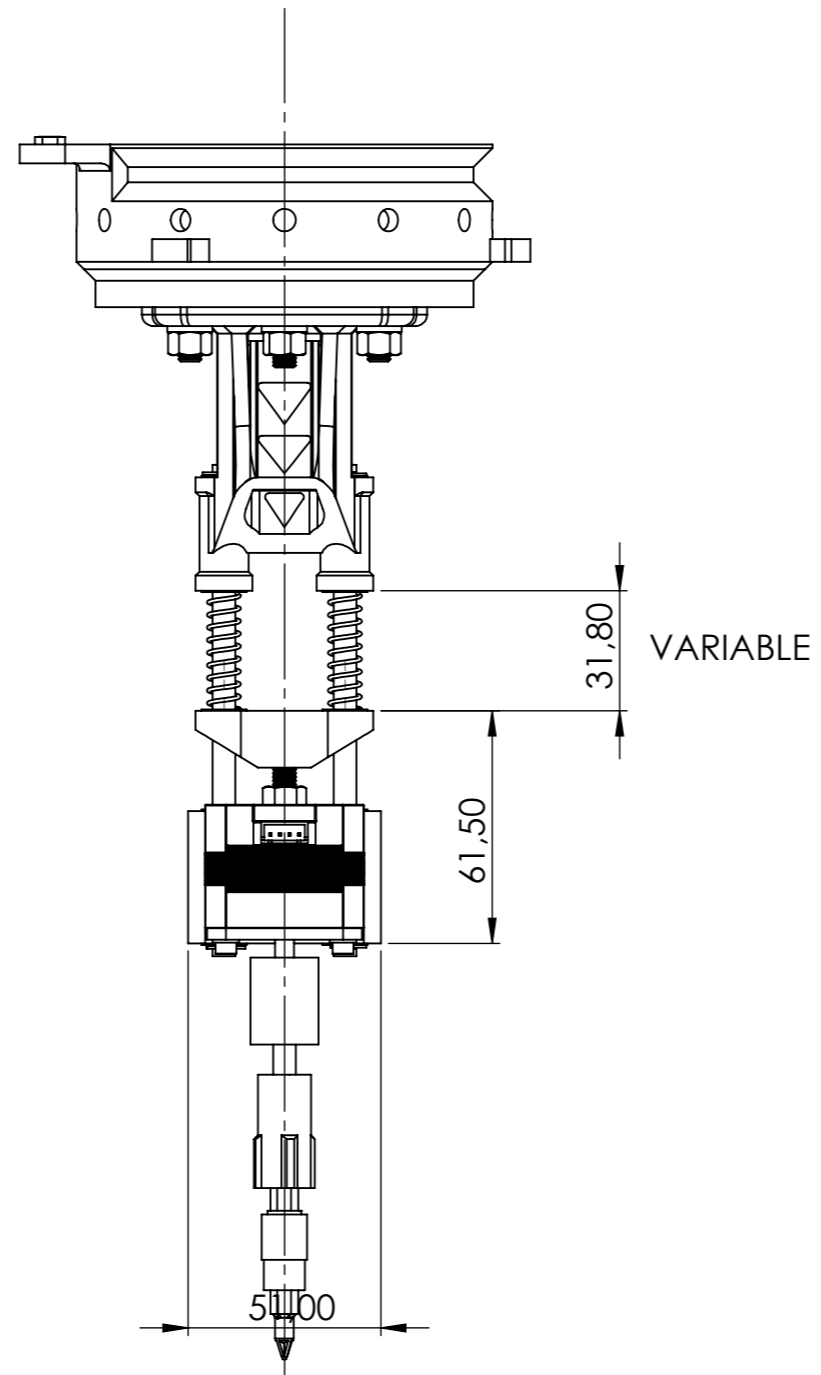
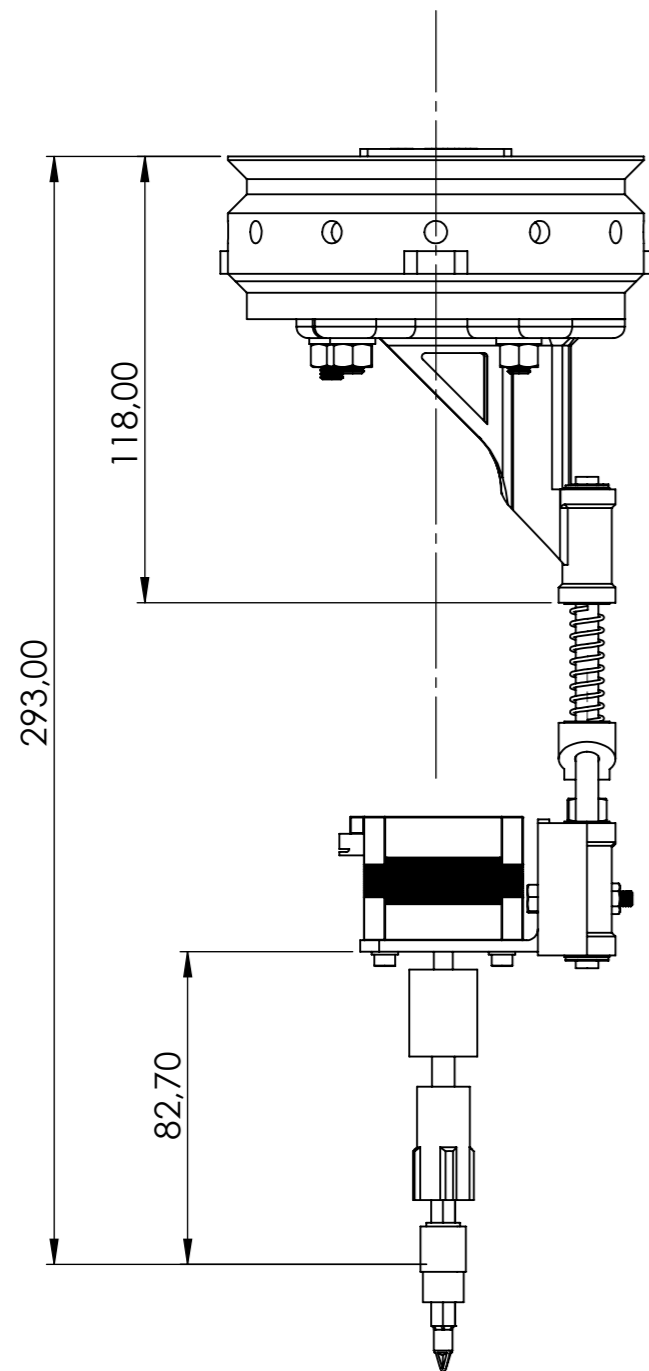
Arrandela plana
 M6 - ISO7093



UNIVERSIDAD
 DE ALMERÍA

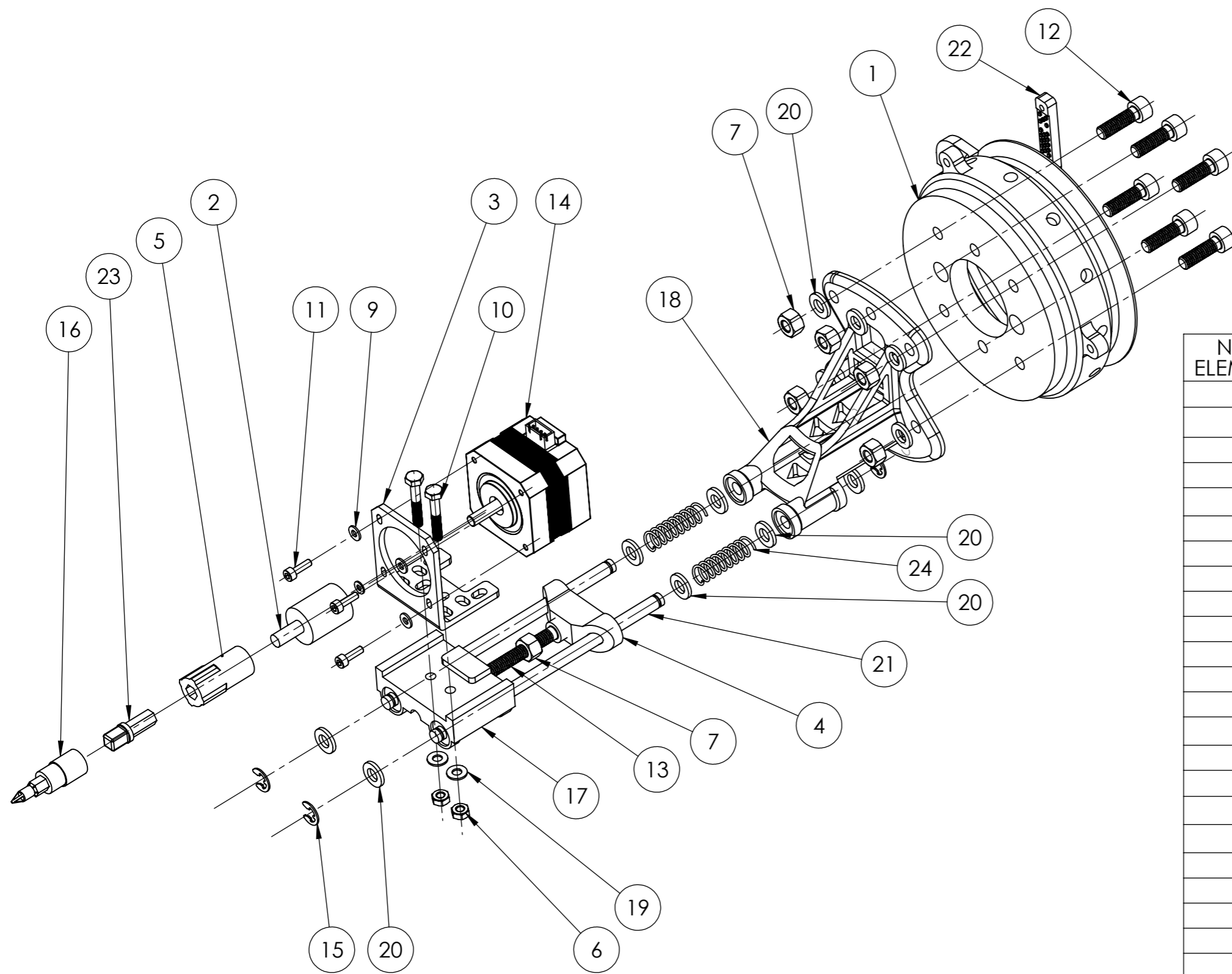
TRABAJO FIN DE GRADO INGENIERÍA MECÁNICA
 DISEÑO DE ELEMENTOS TERMINALES
 MULTIFUNCIÓN PARA UN ROBOT MANIPULADOR INDUSTRIAL

Material	PINZA DE SEIS BARRAS	PLANO 43		
	Tornillería PINZA DE SEIS BARRAS			
	Autor: Ivaylo Biserov Hadzhiev			
Peso: 178.06	Formato: A4	Escala: 1:5	Fecha: 27/01/2022	Pág: 89



TRABAJO FIN DE GRADO INGENIERÍA MECÁNICA
 DISEÑO DE ELEMENTOS TERMINALES
 MULTIFUNCIÓN PARA UN ROBOT MANIPULADOR INDUSTRIAL

Material	TALADRADORA CON ADAPTADOR UNIVERSAL	PLANO
	Pinza Herramienta	44
Autor:	Ivaylo Biserov Hadzhiev	
Peso: 453 g	Formato: A3	Escala: 1:5
		Fecha: 27/01/2022
		Pág: 91

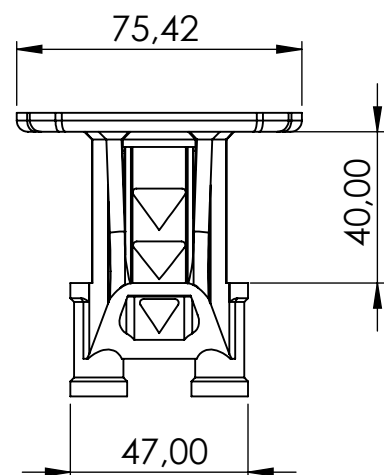
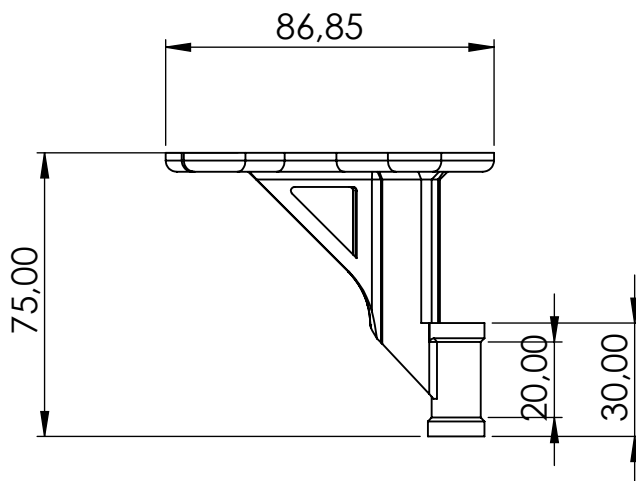
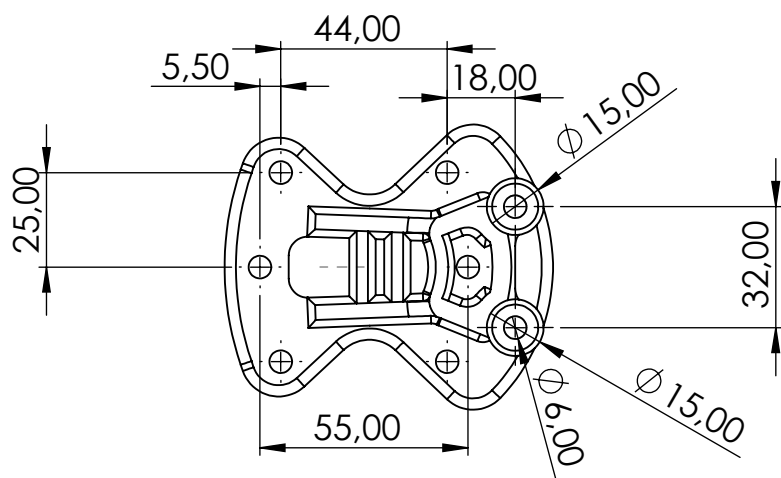
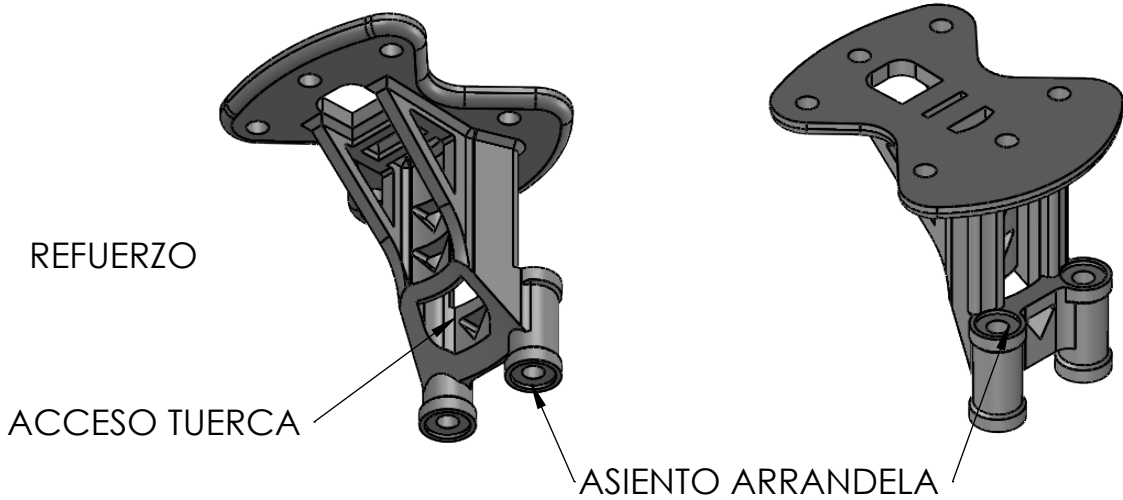


N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	ACOPLE UNIVERSAL TALADR.	1
2	Acople aluminio	1
3	Base motor	1
4	Base resortes	1
5	Fijador adaptador	1
6	ISO - 4032 - M4 - W - N	2
7	ISO - 4034 - M6 - N	7
8	ISO 10673-2.75-S	1
9	ISO 10673-3.2-S	3
10	ISO 4015 - M4 x 25 x 14-S	2
11	ISO 4762 M3 x 10 - 10N	4
12	ISO 4762 M6 x 20 - 20S	6
13	ISO 4762 M6 x 40 - 40S	1
14	JLB Stepper Motor 17HS1352-P4130	1
15	Lock washer DIN 6799 - 5	4
16	Punta estrella	1
17	Soporte motor	1
18	Soporte principal	1
19	Washer ISO 7089 - 4	2
20	Washer ISO 7089 - 6	23
21	barra deslizante	2
22	conector hembra	1
23	hexagono a cuadrado	1
24	muelle 25mm	2



TRABAJO FIN DE GRADO INGENIERÍA MECÁNICA
DISEÑO DE ELEMENTOS TERMINALES
MULTIFUNCIÓN PARA UN ROBOT MANIPULADOR INDUSTRIAL

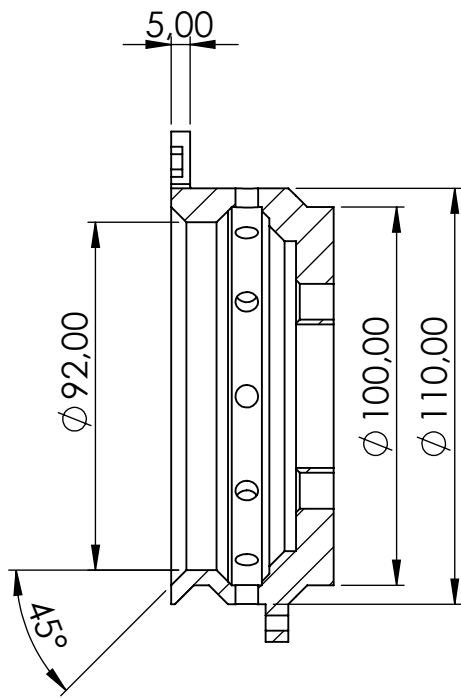
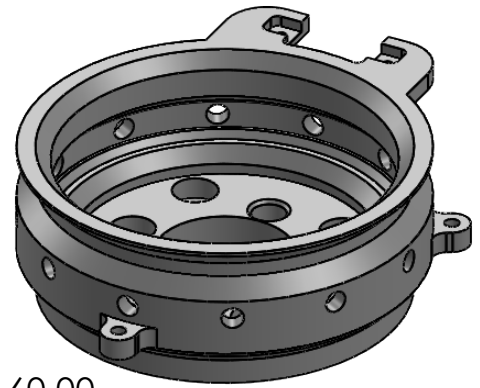
Material	TALADRADORA CON ADAPTADOR UNIVERSAL	PLANO
	Pinza Herramienta	45
Autor:	Ivaylo Biserov Hadzhiev	
Peso: 453 g	Formato: A3	Escala: 1:5
		Fecha: 27/01/2022
		Pág: 93



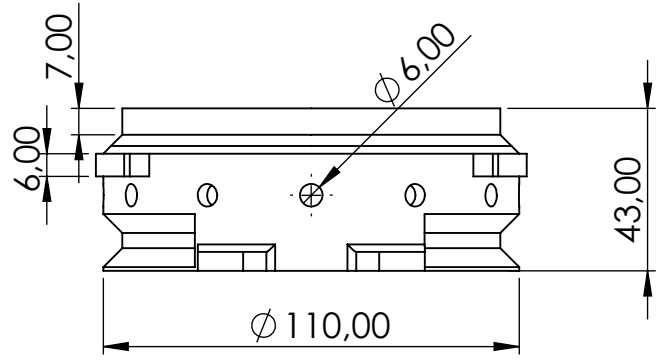
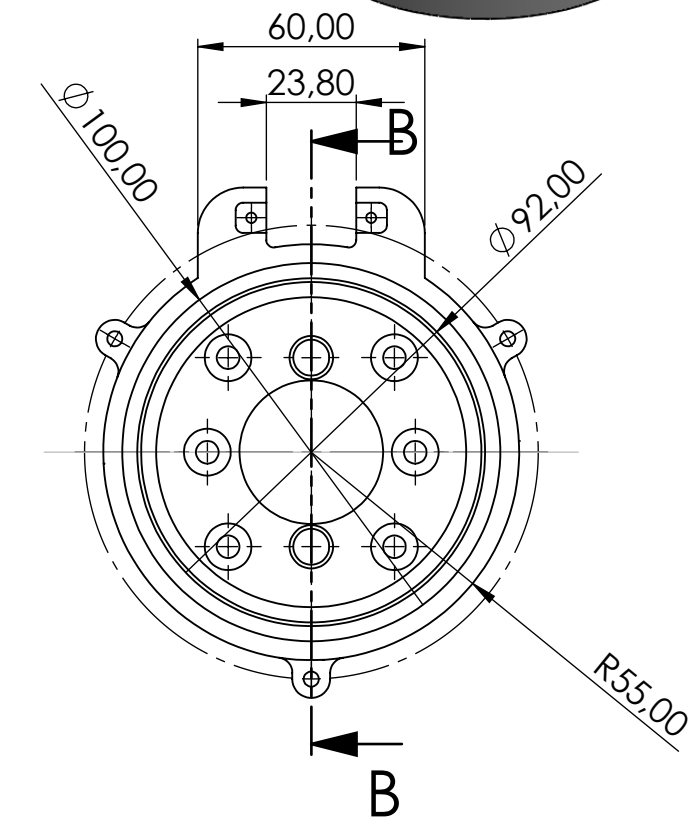
UNIVERSIDAD
DE ALMERÍA

TRABAJO FIN DE GRADO INGENIERÍA MECÁNICA
DISEÑO DE ELEMENTOS TERMINALES
MULTIFUNCIÓN PARA UN ROBOT MANIPULADOR INDUSTRIAL

Material	TALADRADORA CON ADAPTADOR UNIVERSAL	PLANO
PLA	Soporte principal	46
Autor:	Ivaylo Biserov Hadzhiev	
Peso:	Formato: A4	Escala: 1:2
	Fecha: 27/01/2022	Pág: 95



SECCIÓN B-B

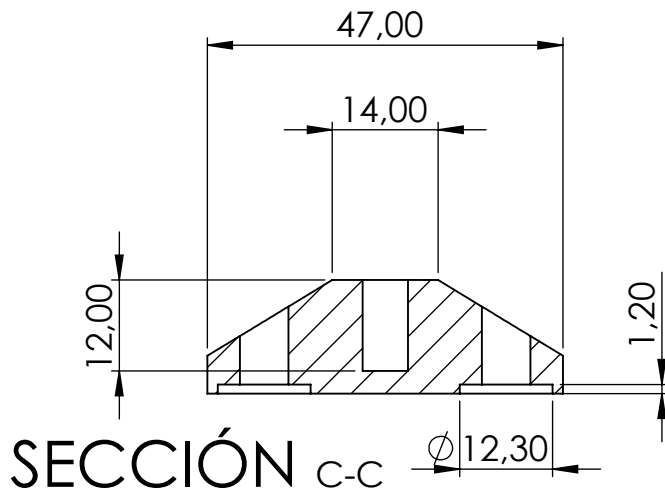
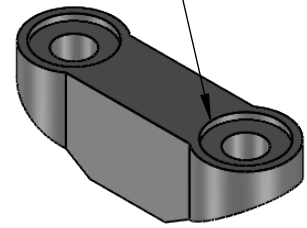


UNIVERSIDAD DE ALMERÍA

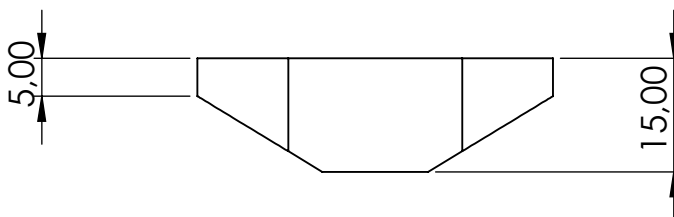
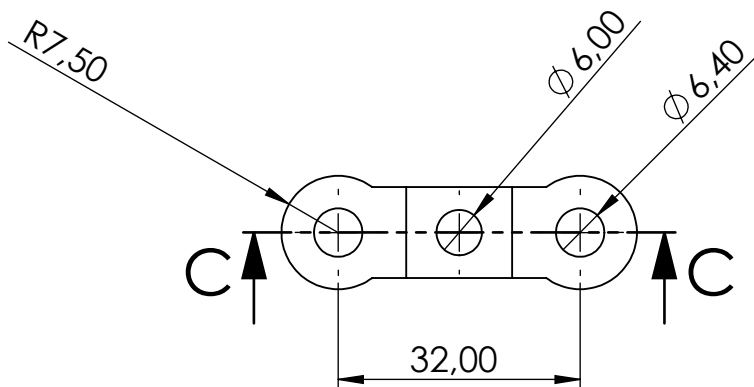
TRABAJO FIN DE GRADO INGENIERÍA MECÁNICA
 DISEÑO DE ELEMENTOS TERMINALES
 MULTIFUNCIÓN PARA UN ROBOT MANIPULADOR INDUSTRIAL

Material	TALADRADORA CON ADAPTADOR UNIVERSAL	PLANO 47		
PLA	Acople universal taladradora			
Autor:	Ivaylo Biserov Hadzhiev			
Peso:	Formato: A4	Escala: 1:2	Fecha: 27/01/2022	Pág: 97

ASIENTO ARRANDELA M6



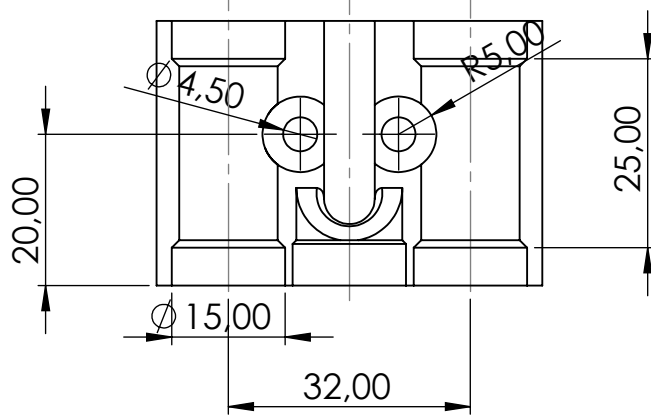
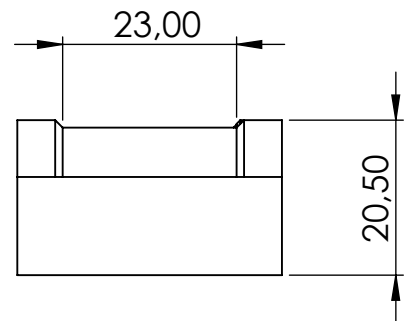
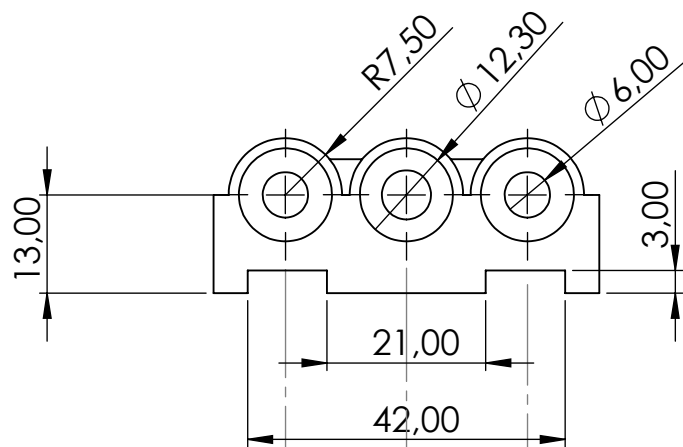
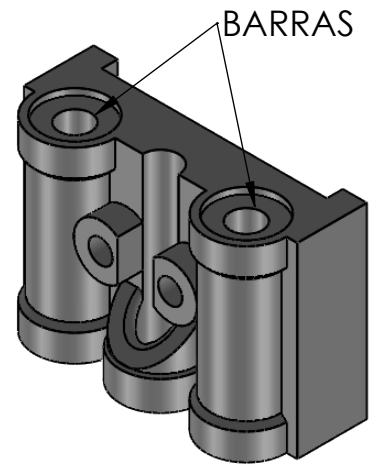
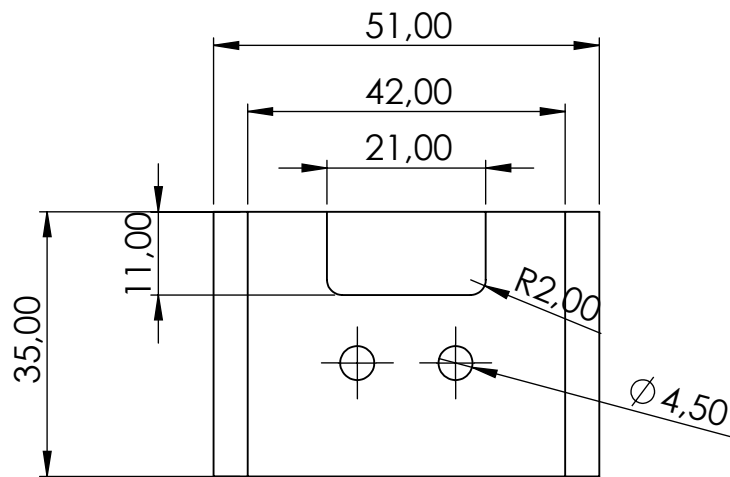
ESCALA 1 : 1



UNIVERSIDAD
DE ALMERÍA

TRABAJO FIN DE GRADO INGENIERÍA MECÁNICA
DISEÑO DE ELEMENTOS TERMINALES
MULTIFUNCIÓN PARA UN ROBOT MANIPULADOR INDUSTRIAL

Material	TALADRADORA CON ADAPTADOR UNIVERSAL	PLANO
PLA	Base resortes	48
Autor:	Ivaylo Biserov Hadzhiev	
Peso:	Formato: A4	Escala: 1:2
	Fecha: 27/01/2022	Pág: 99

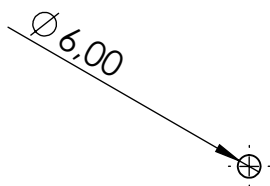


UNIVERSIDAD
DE ALMERÍA

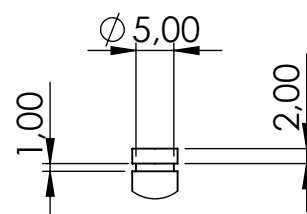
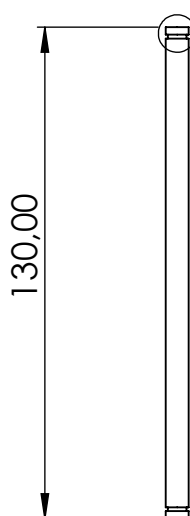
TRABAJO FIN DE GRADO INGENIERÍA MECÁNICA
DISEÑO DE ELEMENTOS TERMINALES
MULTIFUNCIÓN PARA UN ROBOT MANIPULADOR INDUSTRIAL

Material	TALADRADORA CON ADAPTADOR UNIVERSAL	PLANO
PLA	Soporte motor	49
Autor:	Ivaylo Biserov Hadzhiev	
Peso:	Formato: A4	Escala: 1:2
	Fecha: 27/01/2022	Pág: 101

ANILLO DE RETENCION



D



DETALLE D

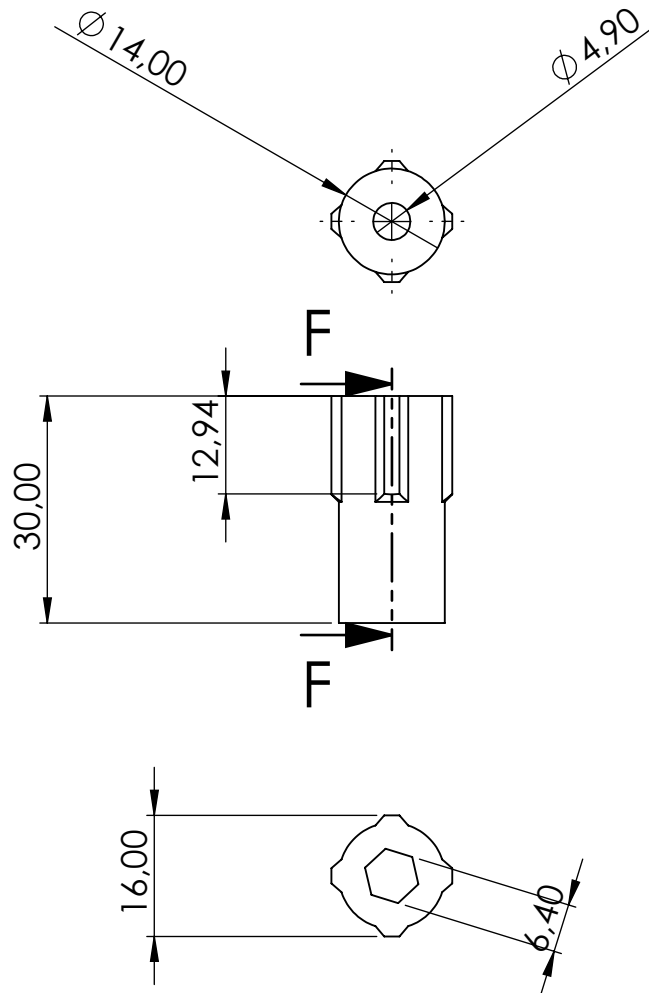
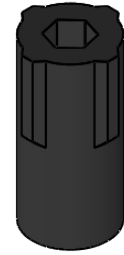
ESCALA 1 : 1



UNIVERSIDAD
DE ALMERIA

TRABAJO FIN DE GRADO INGENIERÍA MECÁNICA
DISEÑO DE ELEMENTOS TERMINALES
MULTIFUNCIÓN PARA UN ROBOT MANIPULADOR INDUSTRIAL

Material	TALADRADORA CON ADAPTADOR UNIVERSAL	PLANO
PLA	Barra deslizante	50
Autor:	Ivaylo Biserov Hadzhiev	
Peso:	Formato: A4	Escala: 1:2
	Fecha: 27/01/2022	Pág: 103



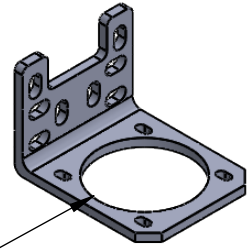
SECCIÓN F-F
ESCALA 1 : 1



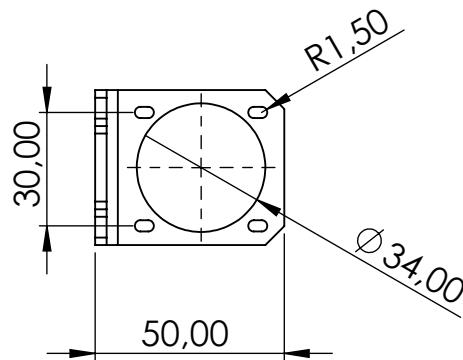
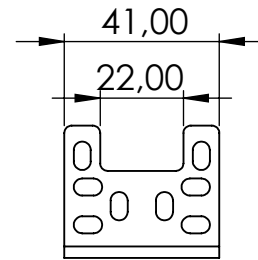
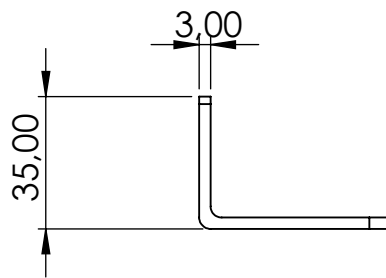
**UNIVERSIDAD
DE ALMERÍA**

TRABAJO FIN DE GRADO INGENIERÍA MECÁNICA
DISEÑO DE ELEMENTOS TERMINALES
MULTIFUNCIÓN PARA UN ROBOT MANIPULADOR INDUSTRIAL

Material	TALADRADORA CON ADAPTADOR UNIVERSAL	PLANO
PLA	Soporte punta	51
Autor:	Ivaylo Biserov Hadzhiev	
Peso:	Formato: A4	Escala: 1:2
	Fecha: 27/01/2022	Pág: 105



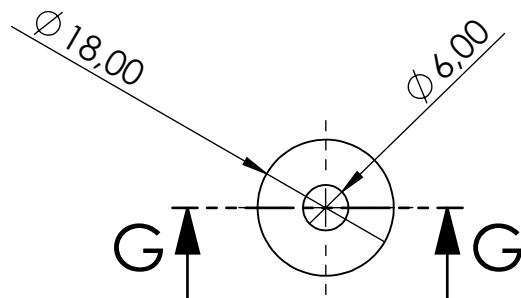
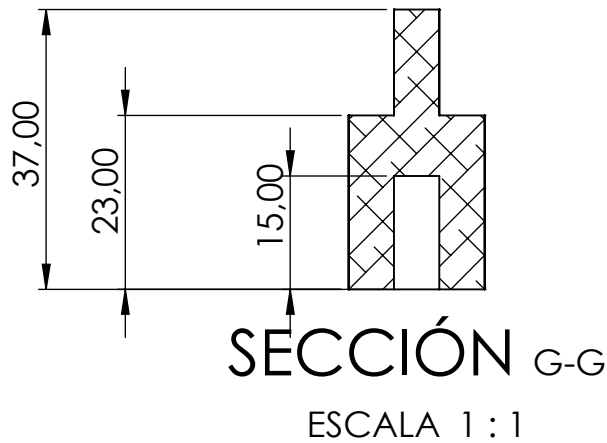
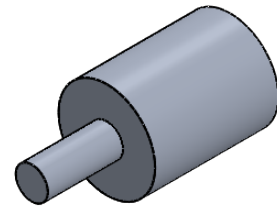
MONTAJE MOTOR



UNIVERSIDAD
DE ALMERÍA

TRABAJO FIN DE GRADO INGENIERÍA MECÁNICA
DISEÑO DE ELEMENTOS TERMINALES
MULTIFUNCIÓN PARA UN ROBOT MANIPULADOR INDUSTRIAL

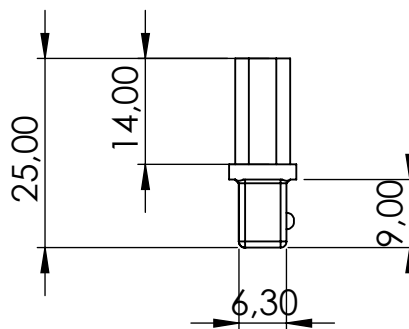
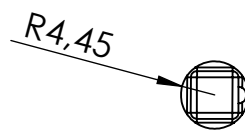
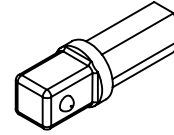
Material	TALADRADORA CON ADAPTADOR UNIVERSAL	PLANO
PLA	Base motor	52
Autor:	Ivaylo Biserov Hadzhiev	
Peso:	Formato: A4	Escala: 1:2
	Fecha: 27/01/2022	Pág: 107



**UNIVERSIDAD
DE ALMERÍA**

TRABAJO FIN DE GRADO INGENIERÍA MECÁNICA
DISEÑO DE ELEMENTOS TERMINALES
MULTIFUNCIÓN PARA UN ROBOT MANIPULADOR INDUSTRIAL

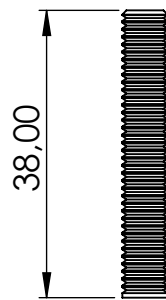
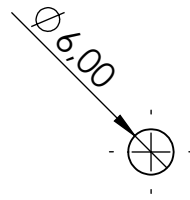
Material	TALADRADORA CON ADAPTADOR UNIVERSAL	PLANO 53		
PLA	Acople aluminio			
Autor:	Ivaylo Biserov Hadzhiev			
Peso:	Formato: A4	Escala: 1:2	Fecha: 27/01/2022	Pág: 109



UNIVERSIDAD
DE ALMERÍA

TRABAJO FIN DE GRADO INGENIERÍA MECÁNICA
DISEÑO DE ELEMENTOS TERMINALES
MULTIFUNCIÓN PARA UN ROBOT MANIPULADOR INDUSTRIAL

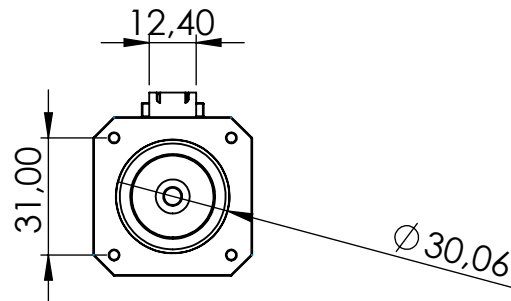
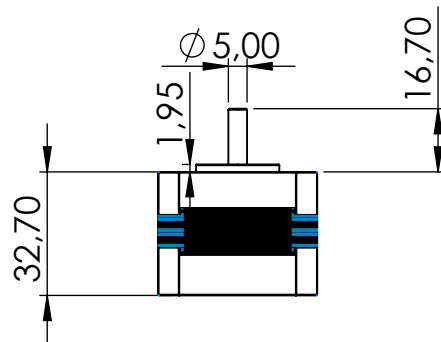
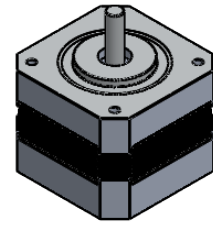
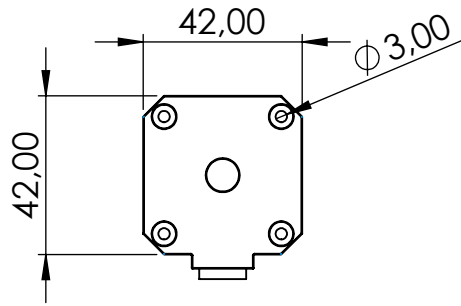
Material	TALADRADORA CON ADAPTADOR UNIVERSAL	PLANO
PLA	Adaptador hexagono-cuadrado	54
Autor:	Ivaylo Biserov Hadzhiev	
Peso:	Formato: A4	Escala: 1:2
	Fecha: 27/01/2022	Pág: 111



UNIVERSIDAD
DE ALMERÍA

TRABAJO FIN DE GRADO INGENIERÍA MECÁNICA
DISEÑO DE ELEMENTOS TERMINALES
MULTIFUNCIÓN PARA UN ROBOT MANIPULADOR INDUSTRIAL

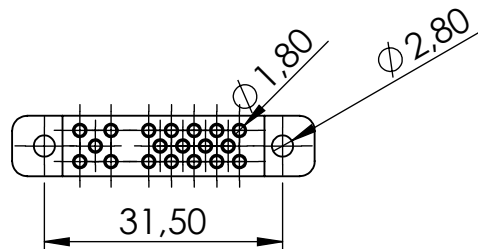
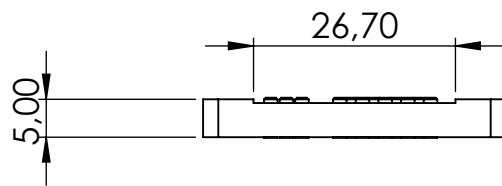
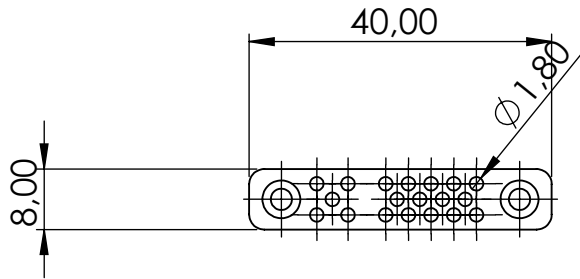
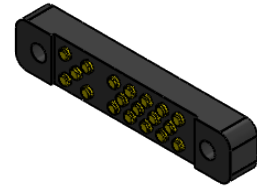
Material	TALADRADORA CON ADAPTADOR UNIVERSAL	PLANO		
PLA	Barra roscada	55		
Autor:	Ivaylo Biserov Hadzhiev			
Peso:	Formato: A4	Escala: 1:2	Fecha: 27/01/2022	Pág: 113



UNIVERSIDAD
DE ALMERÍA

TRABAJO FIN DE GRADO INGENIERÍA MECÁNICA
DISEÑO DE ELEMENTOS TERMINALES
MULTIFUNCIÓN PARA UN ROBOT MANIPULADOR INDUSTRIAL

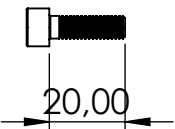
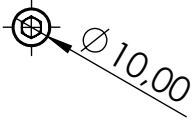

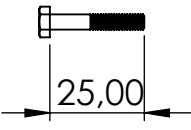
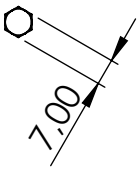

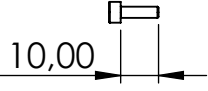
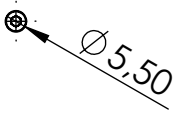


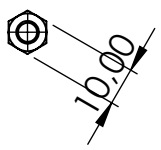

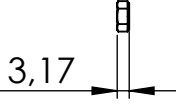
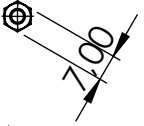

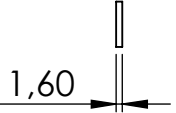
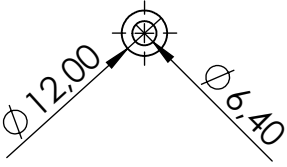

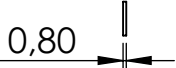
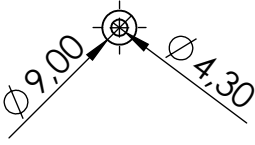

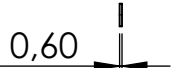
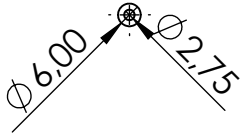

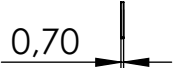





Material	TALADRADORA CON ADAPTADOR UNIVERSAL	PLANO
PLA	Motor paso a paso	56
Autor:	Ivaylo Biserov Hadzhiev	
Peso:	Formato: A4	Escala: 1:2
	Fecha: 27/01/2022	Pág: 115



UNIVERSIDAD
DE ALMERÍA

TRABAJO FIN DE GRADO INGENIERÍA MECÁNICA
DISEÑO DE ELEMENTOS TERMINALES
MULTIFUNCIÓN PARA UN ROBOT MANIPULADOR INDUSTRIAL

Material	TALADRADORA CON ADAPTADOR UNIVERSAL	PLANO 57		
PLA	Conector de contacto hembra			
Autor:	Ivaylo Biserov Hadzhiev			
Peso:	Formato: A4	Escala: 1:2	Fecha: 27/01/2022	Pág: 117

			X7 Tornillo Allen M6 X 20 - ISO4762
			X2 Tornillo hexagonal M4 X 25 - ISO4015
			X4 Tornillo Allen M3 X 10 - ISO4762
			X6 Tuerca hexagonal M6 - ISO4034
			X2 Tuerca hexagonal M4 - ISO4032
			X16 Arrandela normal M6 - ISO8738
			X2 Arrandela normal M4 - ISO8738
			X4 Arrandela plana M2.75 - ISO10673
			X4 Anillo de retencion M5 - DIN6799
			X2 Resorte 6 x 25MM



UNIVERSIDAD
DE ALMERÍA

TRABAJO FIN DE GRADO INGENIERÍA MECÁNICA
DISEÑO DE ELEMENTOS TERMINALES
MULTIFUNCIÓN PARA UN ROBOT MANIPULADOR INDUSTRIAL

Material	TALADRADORA CON ADAPTADOR UNIVERSAL			PLANO
PLA	Tornillería			58
Autor:	Ivaylo Biserov Hadzhiev			
Peso:	Formato: A4	Escala: 1:2	Fecha: 27/01/2022	Pág: 119



Resumen

Un cambiador automático de elementos terminales robóticos acopla de forma removible un elemento terminal a un brazo robótico de forma completamente autónoma e independiente, sin necesidad de intervención humana. Un cambiador automático de herramienta incrementa la eficiencia del proceso industrial al que se aplica: ofreciendo la posibilidad de cambiar entre un gran número de herramientas, reducir el tiempo de inactividad y, por tanto, el tiempo total de producción. Como añadido, ofrece mayor seguridad para los operarios. El acople y desacople repetitivo de un elemento terminal requiere de un proceso seguro y fiable.

Con este objetivo, en este trabajo fin de grado se ha diseñado, fabricado y comprobado el funcionamiento de un prototipo de acoplador universal para el robot IRB140 de ABB. Además, se incluye el diseño y desarrollo de dos elementos terminales multifuncionales integrables al acople universal: una pinza mecánica de dos dedos que ofrece un agarre flexible formada por un mecanismo de seis barras y un taladro que, en función de la herramienta, permite realizar tareas de taladrado, atornillado, etc.

Este desarrollo será aprovechado para ampliar las capacidades de aplicación práctica de los contenidos docentes en robótica de las asignaturas impartidas en la rama de Ingeniería Industrial, así como servir de base para nuevos desarrollos en el campo de la automatización industrial.

Abstract

An automatic robotic end-element changer removably couples an end-element to a robotic arm completely autonomously and independently, without the need of human intervention. An automatic tool changer increases the efficiency of the industrial process to which it is applied: by offering the possibility to change between a large number of tools, it reduces downtime and, therefore, overall production time. In addition, it offers increased operator safety. The repetitive engagement and disengagement of a terminal element requires a safe and reliable process.

With this objective in mind, a prototype of a universal coupler for ABB's IRB140 robot has been designed, manufactured and tested. It also includes the design and development of two multifunctional terminal elements that can be integrated into the universal coupler: a mechanical two-finger gripper that offers a flexible grip formed by a six-bar mechanism and a drill that, depending on the tool, allows drilling, screwing, etc.

This development will be used to expand the practical application capabilities of the robotics teaching contents of the subjects taught in the Industrial Engineering branch, as well as to serve as a basis for new developments in the field of industrial automation.