



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA**

**Trabajo de grado previo a la obtención del título de Ingeniero en Mecatrónica**  
**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERÍA EN**  
**MECATRÓNICA.**

**TEMA:**

**“OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO MECATRÓNICO DE UN GRIPPER TIPO**  
**GARRA DE DOS DEDOS.”**

**AUTOR:**

Silvia Janeth Lechón Matango

**DIRECTOR:**

Ing. Luz María Tobar, Msc.

**Ibarra-Ecuador**

2022



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**

**AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN**

**A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

### 1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

<b>DATOS DE CONTACTO</b>			
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD</b>		1003412747-7	
<b>APELLIDOS Y NOMBRES</b>		Lechón Matango Silvia Janeth	
<b>DIRECCIÓN:</b>		Ibarra, San Francisco del Tejar	
<b>EMAIL:</b>		sjlechonm@utn.edu.ec	
<b>TELÉFONO FIJO:</b>	2625-011	<b>TELÉFONO MÓVIL:</b>	0986772070
<b>DATOS DEL OBRA</b>			
<b>TÍTULO:</b>		Optimización del diseño mecatrónico de un gripper tipo garra de dos dedos.	
<b>AUTOR(ES):</b>		Lechón Matango Silvia Janeth	
<b>FECHA:</b> 14 de octubre 2022			
<b>SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO</b>			
<b>PROGRAMA:</b>		PREGRADO	
<b>TÍTULO POR EL QUE OPTA:</b>		Ingeniero en Mecatrónica	
<b>DIRECTOR:</b>		Ing. Luz María Tobar Subía Contenido MSc.	

## 2. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 14 días de octubre de 2022

EL AUTOR:

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Silvia Janeth Lechón Matango', with a horizontal line underneath.

Lechón Matango Silvia Janeth

C.I. 100341274-7



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

### FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

#### CERTIFICACIÓN

Magister Luz María Tobar Subía Contenido con cédula de identidad Nro. 1002444204, directora del presente trabajo de titulación certifica:

Que, el presente trabajo de titulación denominado: “OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO MECATRÓNICO DE UN GRIPPER TIPO GARRA DE DOS DEDOS”. Ha sido desarrollado por la Srta. Silvia Janeth Lechón Matango, con cédula de identidad 100341274-7, bajo mi supervisión.

Es todo en cuanto puedo certificar en honor a la verdad.

**LUZ**  
**MARIA**  
**TOBAR**  
**SUBIA**

Digitally  
signed by  
LUZ MARIA  
TOBAR SUBIA  
Date:  
2022.10.14  
19:53:05  
+02'00'

Ing. Luz María Tobar Subía MSc.

C.I. 1002444204

DIRECTORA

Ibarra, 27 de septiembre de 2022

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a mis padres Laura Matango y Eliecer Lechón quienes son los pilares más importantes en mi vida, son ellos quienes supieron apoyarme siempre con amor, esfuerzo, cariño e inalcanzable trabajo.

A mis hermanos y sobrina por su apoyo incondicional y por la confianza que tuvieron en mí.

A mis amigos Nico, Giss, Stalin, Rogger, Nicolita, Ana, Brayan, Andrés, Cris, gracias por los momentos compartidos por alegrías y tristezas por las noches de desvelo y por todo lo vivido en estos años en la U.

Un agradecimiento especial a mi tutora Ing. Luz María Tobar por su apoyo para la elaboración de este trabajo, a mis asesores, Ing. David Ojeda, Ing. Iván Iglesias excelentes profesionales de la carrera.

Y a todos quienes conformamos la carrera de Ingeniería en Mecatrónica, personal docente y administrativo (Merycita) y como no a la Universidad Técnica del Norte que me acogió en el transcurso de mi formación.

¡Gracias Totales ¡

*Silvia J. Lechón*

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a mis padres Laura Matango y Eliecer Lechón quienes creyeron en mí, siendo ejemplos de superación y entrega, fomentando el deseo de progreso y el anhelo de triunfo en la vida.

Va por ustedes, por lo que valen, porque admiro su fortaleza y por lo que han hecho por mí.

*Silvia J. Lechón*

## RESUMEN

La tecnología conforme pasa los años ha tenido grandes adelantos, donde los procesos industriales que antes eran ejecutados por humanos, ahora son desarrollados por robots. Acorde al progreso y el aumento del uso de brazos robóticos en la industria, el diseño de grippers juega un papel importante en el agarre y manipulación de elementos.

En este trabajo se presenta la optimización del diseño mecatrónico de un gripper tipo garra de dos dedos, el cual consiste en la recopilación de información para conocer las diferentes características y parámetros que interviene en el agarre estable de objetos.

Se establece los elementos primordiales con base a la investigación y se diseña el gripper en un software CAD realizando los cálculos y simulaciones para garantizar que el diseño sea funcional.

A su vez se desarrolla un prototipo utilizando la impresión 3D para evaluar la funcionalidad y se plantea el diseño CAD como resultado.

Diseñar el modelo del gripper en un software CAD permite visualizar de manera más clara la correcta funcionalidad de los diferentes modelos ayudando a identificar aspectos que pueden presentar dificultades y generar mejoras que favorezcan a un mejor desempeño y funcionalidad.

## **ABSTRACT**

As technology has advanced over the years, industrial processes that were once performed by humans are now performed by robots. According to the progress and increased use of robotic arms in industry, the design of grippers plays an important role in the gripping and manipulation of elements.

This work presents the optimization of the mechatronic design of a two-finger gripper, which consists of the collection of information to know the different characteristics and parameters involved in the stable grasping of objects.

The primary elements are established based on the research and the gripper is designed in CAD software by performing calculations and simulations to ensure that the design is functional.

In turn, a prototype is developed using 3D printing to evaluate the functionality and the CAD design is proposed as a result.

Designing the gripper model in CAD software allows a clearer visualization of the correct functionality of the different models, helping to identify aspects that may present difficulties and generate improvements that favor better performance and functionality.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

AGRADECIMIENTO.....	v
DEDICATORIA.....	vi
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT.....	viii
INDICE DE CONTENIDOS.....	ix
INDICE DE FIGURAS.....	xii
INDICE DE TABLAS.....	xiii
INTRODUCCIÓN.....	1
Descripción del problema.....	1
Objetivos.....	2
Objetivo General.....	2
Objetivos Específicos.....	2
Justificación.....	2
Alcance.....	3
CAPÍTULO II.....	4
2. MARCO TEÓRICO.....	4
2.1. Estado del Arte.....	4
2.2. Tipos de gripper.....	8
2.2.1 Gripper de dos dedos.....	8
2.2.2 Garras de tres dedos.....	8
2.2.3 Garras con dedos flexibles.....	8
2.2.4 Garras suaves o soft gripper.....	9
2.2.5 Pinza de bloqueo o Jamming gripper.....	9
2.2.6 Grippers de vacío.....	9

2.3. Características generales de un gripper de dos dedos .....	9
2.3.1. Dedo .....	10
2.3.2. Mecanismo de agarres .....	10
2.3.3. Actuador .....	11
2.4. Parámetros que intervienen en el agarre de objetos .....	11
2.4.1. Carrera .....	12
2.4.2. Fuerza .....	12
2.4.4 Índice de rendimiento .....	13
2.5. Métodos de agarre de objetos .....	13
2.5.1. Modelo matemático análisis robótico parámetros de Denavit-Hartenberg .....	14
2.6. Elementos para el diseño de la estructura.....	16
2.6.1 Filamento de impresión 3d (PLA).....	16
2.6.2. Elastómero .....	16
2.6.3. Materiales Metálicos .....	17
2.6.4. Aluminio 1060.....	17
2.6.5. Actuador inteligente .....	18
CAPITULO III .....	19
3. METODOLOGÍA- DISEÑO.....	19
3.1 Parámetros del diseño del gripper .....	19
3.2. Análisis mecánico.....	20
3.3 Diseño del modelo.....	24
3.3.1 Diseño de la alternativa 1. ....	24
3.3.2 Diseño de la alternativa 2. ....	25
3.3.2 Diseño de la alternativa 3. ....	26
3.4. Análisis de elementos finitos.....	27

3.4.1 Análisis de elementos finitos alternativa 1 .....	27
3.4.2 Análisis de elementos finitos alternativa 2 .....	29
3.4.3 Análisis de elementos finitos alternativa 3 .....	30
3.5. Selección de la mejor alternativa del modelo del gripper .....	31
3.6. Detección de errores .....	34
3.7. Análisis Cinemático.....	38
4. RESULTADOS .....	42
4.1 Esfuerzos de Von Mises .....	42
4.2 Desplazamientos.....	43
4.3 Factor de seguridad.....	44
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	45
CONCLUSIONES.....	45
RECOMENDACIONES .....	47
BIBLIOGRAFIA.....	48
ANEXOS .....	51

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de diseño mecánico para pinzas de dos dedos.....	10
Figura 2. Representación de un robot de dos grados de libertad.....	14
Figura 3. Elastómero .....	16
Figura 4. Diagrama del cuerpo libre de las mordazas .....	20
Figura 5. Diagrama del cuerpo libre de las mordazas con carga real para un lado. ....	21
Figura 6. Diagrama de cuerpo libre para el cálculo del torque .....	22
Figura 7. Alternativa 1(gripper de dos garras con modificaciones en las mordazas).....	24
Figura 8. Alternativa 2 (gripper de dos garras). ....	25
Figura 9. Alternativa 3 (gripper de dos garras). ....	26
Figura 10. Alternativa 1 (Fuerzas que actúan en el gripper). ....	28
Figura 11. Alternativa 1 (Esfuerzos de Von Mises). ....	28
Figura 12. Alternativa 2 (Fuerzas que actúan en el gripper). ....	29
Figura 13. Alternativa 2 (Esfuerzos de Von Mises). ....	30
Figura 14. Alternativa 3 (Fuerzas que actúan en el gripper). ....	30
Figura 15. Alternativa 3 (Esfuerzos de Von Mises). ....	31
Figura 16. Servomotor DYNAMIXEL MX-28T .....	33
Figura 17. Prototipado del modelo seleccionado. ....	35
Figura 18. Piezas impresas en material PLA+. ....	35
Figura 19. Modelo ensamblado, prototipo preliminar.....	36
Figura 20. a) Pieza altura tapa 82.50mm b) Pieza altura tapa 69.50mm. ....	37
Figura 21. a) Pieza con 4 perforaciones. b) Pieza con 3 perforaciones.....	37
Figura 22. a) Pieza con pasadores. b) Pieza con perforaciones para usar pernos.....	38
Figura 23. Sistemas de coordenadas para la convención de D-H.....	38
Figura 24. Parámetros D-H.....	39
Figura 25. Fuerzas que actúan en el gripper.....	42
Figura 26. Esfuerzos de Von Mises.....	43
Figura 27. Desplazamientos .....	43
Figura 28. Factor de seguridad .....	44

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Valores estadísticos de especificaciones comunes. ....	11
Tabla 2.	Valores aproximados del módulo de Young para diferentes materiales. ....	17
Tabla 3.	Composición y propiedades del Aluminio 1060 .....	18
Tabla 4.	Asignación de los valores para comparación. ....	19
Tabla 5.	Parámetros del diseño del gripper .....	20
Tabla 6.	Parámetros del diseño del gripper alternativa 1.....	25
Tabla 7.	Parámetros del diseño del gripper alternativa 2.....	26
Tabla 8.	Parámetros del diseño del gripper alternativa 3.....	27
Tabla 9.	Validación de las alternativas del modelo del gripper.....	32
Tabla 10.	Parámetros D-H.....	39

# INTRODUCCIÓN

## Descripción del problema

En ambientes industriales, la robótica ha experimentado una sorprendente expansión en el ámbito de la fabricación, utilizando robots industriales para substituir al humano en tareas repetitivas y peligrosas, además de generar calidad. El uso de robots es frecuente en varios espacios de la vida cotidiana aplicados en construcción, sanidad, minería, agricultura, aeronáutica, energía, seguridad, defensa, entre otros. Produciendo de este gran avance una necesidad inminente que es elaborar un dispositivo apropiado para realizar las diferentes tareas. El gripper es el dispositivo que da la solución a esta necesidad, el cual debe ser diseñado especialmente para dichas tareas.

Los diseños de gripper todavía están dominados por dispositivos totalmente accionados, de múltiples dedos, rígidos, pesados y costosos que requieren elementos de detección avanzados y leyes de control complicadas para agarrar y manipular objetos o interactuar con un espacio no estructurado o entorno dinámico. Como resultado, a pesar de los diseños sofisticados y los numerosos estudios que se han centrado en la manipulación diestra en los últimos 50 años, no ha existido mucho progreso en el campo en términos de aplicaciones prácticas [1].

Agarrar y manipular objetos en entornos no estructurados, donde no se conocen las propiedades de los objetos y la detección es propensa a errores, son desafíos centrales en robótica. La incertidumbre en la relación entre el objeto y la pinza hace que sea difícil controlar las fuerzas de contacto y establecer una comprensión exitosa. El desarrollo de un gripper adaptativo para realizar la tarea de agarre de objetos con variaciones de tamaño y forma ha llamado mucho la atención a lo largo de los años [2]. Se desarrollaron varios tipos de pinzas robóticas que logran cierta medida de adaptabilidad. La mayoría de las pinzas desarrolladas tienen desventajas como: necesidad de ensamblaje complejo [3], unidades externas voluminosas (motores, aire

comprimido), posibilidad limitada de escalado, soluciones complicadas y costosas, sin una metodología de síntesis única para diseñar pinzas adaptativas [4], y falta de funcionalidad de agarre que impide el manejo de objetos de dimensiones pequeñas.

Las pinzas que utilizan mecanismos de cuerpo rígido no pueden darse cuenta del nivel necesario de adaptabilidad y generalmente no pueden manejar bien los objetos. Generando de esta forma la razón principal del estudio para optimizar la calidad de agarre y sujeción estable de objetos mediante la pinza de dos dedos.

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Optimizar el diseño mecatrónico de un gripper tipo garra de 2 dedos para mejorar las condiciones del agarre firme de objetos.

### **Objetivos Específicos**

- Determinar las características del gripper y los parámetros que intervienen en el agarre estable de objetos.
- Seleccionar el método de agarre en base a los criterios alcanzados.
- Diseñar el modelo del gripper que cumpla con los parámetros definidos previamente para la optimización.
- Evaluar el diseño optimizado por medio de la simulación.

## **Justificación**

Los sistemas de agarre han avanzado desde la antigüedad para ayudar a las personas en la manipulación y el manejo de objetos de diferentes tamaños, materiales y condiciones. Una parte importante de los robots industriales son las aplicaciones que proporcionan las garras, pinzas o

mordazas, que interaccionan con el medio y los objetos, los cuales son utilizados para las diversas tareas de manipulación.

Normalmente, una pinza de un robot industrial está especializada en agarrar uno o varios objetos de similar forma, tamaño y peso en operaciones repetitivas. El desarrollo de un gripper adaptativo para realizar la tarea de agarre de objetos con variaciones de tamaño y forma ha llamado mucho la atención a lo largo de los años, por lo cual se ha generado diversos tipos de pinzas robóticas, sin embargo, se ha producido algunas desventajas entre las cuales la principal se relaciona con el agarre inestable de los diferentes objetos.

La problemática que se pretende satisfacer es la necesidad de optimizar el agarre de objetos que el gripper desarrolla.

Además, también se pretende que dicho proyecto sirva como una herramienta de sustento en el ámbito educativo ya que el tema de investigación forma parte del proyecto interno de la facultad FICA denominado “*Métodos para mejorar el agarre y la manipulación de las extremidades de personas y dispositivos robóticos*”

### **Alcance**

La presente investigación parte de la problemática encontrada en el desarrollo de un gripper en cuanto a la funcionalidad de agarre inestable de objetos por lo cual se determinarán las características principales del gripper y los parámetros que intervienen para optimizar la calidad de agarre y sujeción estable de objetos mediante una pinza de dos dedos.

Se seleccionará el método de agarre según los parámetros estudiados, seguidamente se diseñará el modelo del gripper y se simulará utilizando un software que permita modelar piezas y ensamblar el modelo en 3D. Por último, se evaluará el diseño optimizado.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Estado del Arte

En los últimos años la tecnología ha tenido un gran avance donde las labores industriales que eran ejecutadas por humanos en ambientes difíciles y con peligros potenciales tanto para la seguridad e integridad física de los operadores, ahora son desarrolladas por robots industriales. Conforme a este avance y el aumento del uso de brazos robóticos en la industria, el diseño apropiado de grippers juega un papel importante en el agarre y manipulación de elementos y piezas como parte de los procesos industriales [5].

Se han venido desarrollando diferentes diseños de grippers más avanzados y eficientes con configuraciones y características según las aplicaciones en que van a ser usados, dentro del área de la robótica, diversas empresas han desarrollado tecnologías basadas en comportamientos de la naturaleza enfocado esencialmente en la interacción máquina–humano[6].

Se han investigado acerca de los dispositivos existentes tanto a nivel internacional como nivel nacional, abordando por la búsqueda de artículos científicos y tesis. En el 2015 se desarrolla una pinza antropomórfica con dos dedos simétricos, diseñada para robots industriales esta pinza es una alternativa a las pinzas antropomórficas complejas y caras, que no están disponibles para las aplicaciones de agarre actuales en operaciones de manipulación robótica. Esta pinza utiliza el método de análisis multicriterio, donde plantean los siguientes criterios: la pinza debe contar con al menos dos y máximo cuatro dedos, tener una estructura mecánica simple con una relación de aspecto entre la pinza y la mano humana de 1: 1 y máximo 1,5: 1. Además, la capacidad de agarrar objetos de formas complejas. En base a estos criterios, se analizaron 16 versiones existentes de pinzas antropomórficas llegando a la conclusión de que ninguna de las versiones comparadas

cumple con todos los criterios, por lo que produjeron un procedimiento híbrido de una pinza con tres dedos dispuestos como una estrella, una pinza con dos dedos opuestos, considerando las posibilidades de agarre, la robustez del sistema, el control y la estructura. El análisis de las habilidades basado en las destrezas de agarre de la mano humana mostró que con dos dedos tiene un gran potencial, de igual forma se descubrió que la desventaja del contacto falange se puede eliminar añadiendo mandíbulas autorreguladas adicionales, articuladas esféricamente con la falange y en cuanto al robusto sistema de agarre se dice que el mecanismo de transmisión de movimiento, mediante barras articuladas, es con mucho el más robusto, sencillo y seguro de manejar [7].

Mientras que en el 2016 se generó el análisis de agarre para una pinza robótica adaptable de 3 dedos, para reproducir las capacidades y funcionalidades de la mano humana. Sin embargo, ninguno de estos robots hasta ahora ha podido producir completamente estas funcionalidades debido a la complejidad de la estructura de la mano humana. No obstante, la empresa ROBOTIQ ha introducido un robot llamado pinza de robot adaptable de 3 dedos, el robot consta de cuatro (4) actuadores y mecanismos de articulación adaptables. Su flexibilidad y versatilidad permite que la pinza coja cualquier objeto de cualquier forma de manera segura. Esta característica ciertamente proporciona la flexibilidad a los investigadores para mejorar y simplificar su diseño de control. Además, el robot se comunica con controladores de robot como Ethernet / IP, TCP / IP y Modbus RTU. Con la ayuda del sensor de fuerza, el codificador y la corriente del motor, se encuentra relaciones entre agarre - fuerza, agarre - corriente del motor, y fuerza - corriente del motor, en donde la rigidez del objeto agarrado afecta la capacidad de agarre de la pinza [8].

En el 2017 se desarrolló una pinza universal polivalente totalmente accionada capaz de sujetar varios objetos con diferentes tamaños y formas, la cual fue diseñada en base al concepto de

modularización en donde los dedos con 3 grados de libertad constan de módulos de unión idénticos que contienen un motor de accionamiento, engranajes reductores y electrónica para el control de posición / par. En el desarrollo de pinzas industriales se cumplen condiciones como: agarre de objetos pesados y manipular para cumplir con estas tres condiciones la pinza utiliza actuadores modulares de accionamiento, para el agarre plantea la longitud óptima de los eslabones en donde la suma de estos se fijó en 140 mm, básicamente la pinza puede agarrar de manera estable un objeto grande de aproximadamente 3 kg [9].

De igual forma en el 2018 en el III Congreso Internacional de Ingeniería de Control y Robótica se presentó el diseño y prototipo de pinzas monolíticas compatibles para agarre adaptativo aquí se presenta pinzas con diseños simétricos de dos dedos fabricadas con caucho de silicona y accionados por un actuador lineal. Se plantea un procedimiento de diseño óptimo el cual contiene métodos de optimización de tamaño y topología para sintetizar las pinzas de goma, este estudio crea prototipos de tres pinzas sintetizadas con distintos parámetros de diseño en donde el mejor diseño se identifica a través de la prueba de adaptabilidad y se produce un conjunto de pinza robótica para exponer la eficacia del diseño mediante la prueba de agarre de objetos irregulares, teniendo como resultado la carga útil máxima del conjunto de pinzas es de 2,5 kg [2]

También en el 2019 que se produce una nueva pinza robótica inteligente y compatible: diseño, modelado, experimentos y control, esta pinza tiene un novedoso concepto en cuando a ser una pinza robótica blanda adaptativa que utiliza sistemas activos compatibles, es decir, mecanismos compatibles con sensores y actuadores integrados. El método de síntesis para tales sistemas contiene: definir el problema especificaciones; parametrización del dominio de diseño y aplicación de algoritmos genéticos como método de optimización para encontrar la solución óptima también se determina que componiendo los actuadores de alambre de nitinol SMA dentro

de la estructura concurrente, es viable producir una pinza que pueda lograr un sistema de adaptabilidad estructura, de igual forma al integrar sensores compuestos por espuma conductora, la pinza puede detectar contactos con objetos. Además, si se usa un algoritmo de control apropiado, el sistema de agarre puede decidir qué actuador activar basado en las señales de los sensores y adaptarse a los objetos desconocidos [4].

A nivel nacional se han desarrollado trabajos relacionados con el diseño de grippers y sus aplicaciones específicas a continuación se resumen los casos:

De igual forma en Latacunga en el 2019 se presenta el trabajo de titulación con el tema Diseño y construcción de un gripper neumático industrial de dos garras para el brazo robótico KUKA KR16, fabricado mediante técnica de deposición fundida, recubrimiento con material compuesto y control de velocidad de carrera. El gripper neumático industrial que se diseñó y construyó es de dos garras, ocupando el material ABS para la impresión 3D el cual posee propiedades mecánicas que al permiten usar esta herramienta para aplicaciones en ambientes industriales específicamente en paletizado y para control del gripper neumático se utilizó el fluido magnetoreológico comercial de serie RD-8040-1 de la empresa el cual básicamente ayudó a atenuar la velocidad de carrera en el cierre del gripper, en una relación de uno a tres, en cuanto al agarre de objetos soporta una carga máxima de 5kg, las dimensiones de la herramienta son (0,2 m x 0,23 m x 0,06 m), su peso es de 1,30 Kg, con una presión de trabajo 6 Bar, y un voltaje de alimentación de 5 [V] [10] .

Y por último en el medio local Ibarra 2017 Edison Andrés Proaño Lapuerta desarrolla su trabajo de titulación denominado Diseño y construcción del gripper para el brazo robótico UTN donde se plantea que la forma del objeto que el gripper va a agarrar sea objetos con 2 caras planas o cilíndricos no lisos con un peso de 1000 g en cuanto a la abertura de las mordazas se máximo de

6 cm con una longitud de las mordazas de 6 cm y una longitud del mecanizado de las mordazas de 36 mm de radio ideal para sujetar botellas y otros objetos cilíndricos, el funcionamiento de las mordazas es síncrono además el gripper es desmontable para poder cambiar de efector final al brazo robótico “UTN” agregando que también es liviano, de bajo costo y fácil de ensamblar [11].

## **2.2. Tipos de gripper**

Existen varios tipos de gripper dependiendo básicamente de la aplicación en la que se va utilizar, a continuación, se enumera los diferentes tipos existentes:

### **2.2.1 Gripper de dos dedos**

Son pinzas utilizadas con objetos de menor tamaño en procesos de fabricación, su estructura se conforma por un actuador con dos mordazas paralelas con bordes planos o bordes paralelos. Se dispone de un sistema de apertura y cerradura básico. Su función es sujetar la pieza y mantenerla estable con fuerza.

### **2.2.2. Garras de tres dedos**

Este tipo de pinzas de tres dedos se conforman por tres mandíbulas la cuales para sostener los objetos se cierran y se sujeta en el centro. Es utilizado usualmente para objetos o productos con formas redondeadas o cilíndricas.

### **2.2.3 Garras con dedos flexibles**

Las pinzas también conocidas como pinzas adaptables están construidas de materiales blandos y flexibles, están constituidos de varios dedos diseñados para agarrar objetos irregulares, redondos, o delicados. Su uso es más aplicable en líneas de producción de alimentos o para tratar objetos pequeños y frágiles.

#### **2.2.4 Garras suaves o soft gripper**

Este tipo de pinzas son ideales para manipular artículos delicados para no causar ningún tipo de daños o marcas de desgaste.

#### **2.2.5 Pinza de bloqueo o Jamming gripper**

Son pinzas que se ajustan a diferentes tamaños y formas, es una de las opciones ideal para la manipulación de una amplia forma de artículos. Para su funcionamiento es indispensable que la cubierta de la pinza comprenda al objeto tocándolo suavemente para producir presión negativa por aire.

#### **2.2.6 Grippers de vacío**

Este tipo de pinza las ventosas actúan como punto de contacto entre el artículo y la pinza del robot y genera la diferencia que existe entre la presión de aire de la pinza interna y la presión de aire externa para levantar, sujetar y mover artículos [12].

### **2.3. Características generales de un gripper de dos dedos**

Para dar inicio al desarrollo y diseño de un gripper es preciso conocer la descripción preliminar de los grippers entiendo los conceptos básicos de los componentes principales de una pinza de dos dedos, los cuales en enlistan a continuación:

- Dedo y punta del dedo
- Mecanismo de agarre
- Actuador

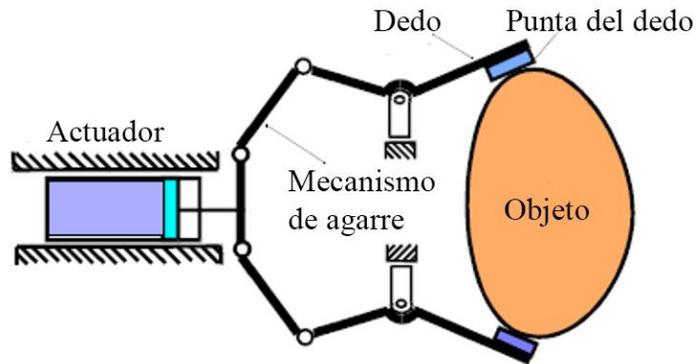


Figura 1. Esquema de diseño mecánico para pinzas de dos dedos.

### 2.3.1. Dedo

Los dedos son los elementos que ejecutan el agarre de los objetos, la punta de los dedos está en contacto directo con el objeto agarrado; los factores principales que se deben observar en el desarrollo de grippers que asemejen lo más exactamente posible la mano humana, y en consecuencia, la reproducción de los movimientos y las formas naturales de los dedos llegan a ser muy importantes, con el fin de optimizar las tareas de agarre y sujeción los elementos dedos de los grippers deben ser adaptables, es decir, sostener objetos con diferentes características[13].

### 2.3.2. Mecanismo de agarres

El mecanismo de agarre es el componente de transmisión entre el actuador y los dedos; el mecanismo de barras básicamente es sencillo de implementar no obstante limita los movimientos, ya que la flexión se produce al tiempo en las articulaciones generalmente es utilizado para construir prótesis robóticas [13].

### 2.3.3. Actuador

El actuador es conocido como la fuente de energía (eléctrica, hidráulica o neumática) para la acción de agarre de una pinza causando un efecto de movimientos lineares o angulares en un sistema automatizado, la mayoría de las pinzas industriales se accionan mediante un actuador lineal [13].

### 2.4. Parámetros que intervienen en el agarre de objetos

Para determinar los principales parámetros que se requiere para el diseño de un gripper Lionel Birglen desarrolló un estudio de captación de principios, analizando su compatibilidad con diferentes objetos y situaciones.

Mostrando una tabla en base al desarrollo de una recopilación de catálogos de fabricantes de pinzas más comunes, resaltando seis fabricantes para dicho análisis, tales como AFAG, Festo, IPR, PHD, Schunk y Sommer Automation con un total de 289 pinzas estudiadas [14].

A continuación, se presenta una tabla en base a los elementos que se basan únicamente en los datos de los catálogos.

Tabla 1. Valores estadísticos de especificaciones comunes.

	<i>Promedio</i>	<i>Mediana</i>	<i>Std. dev.</i>
Carrera [mm]	20,78	9,55	35,10
Fuerza [N]	1020,44	320	1938,01
Peso [kg]	3,41	0,59	8,43
Factor C [J / kg]	6,91	5,68	4,98
	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>Contar</i>
Carrera [mm]	1	300	289
Fuerza [N]	6	15400	289
Peso [kg]	0,01	70	289
Factor C [J / kg]	0,36	28,57	289

### **2.4.1. Carrera**

Es la distancia que existe entre los dedos de la garra, se requiere una carrera infinitamente pequeña para agarrar una pieza de trabajo conocida, los dedos de la pinza pueden diseñarse con una holgura que deja un espacio que es exactamente del tamaño de la pieza de trabajo cuando está cerrada.

La carrera media de algunas pinzas estudiadas es solo de 9,5 mm, mientras que el valor medio es más del doble que en 20,8 mm. Los valores mayores de carrera son poco comunes sin embargo existen con un valor máximo de 300 mm. Además, se debe enfatizar que estos números deben duplicarse para obtener la diferencia completa entre una pinza abierta y una cerrada [14].

### **2.4.2. Fuerza**

En función de la pieza que se tenga que sujetar, se necesitará mayor o menor fuerza. Existe una extensa diversidad de fuerzas que aparecen en los grippers debido a la propia operación de sujeción que realizará el mecanismo[15]. Como la tabla 1 muestra, el rango de fuerza de agarre en los datos recopilados va desde 6 N hasta 15.400 N y el promedio es de aprox. 1.020 N, casi el 70% de las pinzas estudiadas proporcionan menos de 750 N. Este número está cerca de la fuerza de agarre máxima de los hombres según lo informado por la NASA (729 N, mano derecha, percentil 95) es importante tener en cuenta que las piezas manipuladas por robots industriales pueden ser bastante más pesadas y es posible que se requiera una gran fuerza de agarre para evitar deslizamientos de los objetos [14].

### **2.4.3 Peso**

El peso de los grippers es otra característica de gran importancia para las aplicaciones robóticas, puesto que afecta directamente en la masa total que se puede manipular. Las pinzas más ligeras y pesadas que se encontraron pesaban 8 g y 70 kg respectivamente. El peso medio de las

pinzas es de 0,6 kg y el 61% de las pinzas pesan menos de 1 kg. En base a este estudio se puede observar que la generalidad de las pinzas es ligera, por lo que, para una carga útil máxima constante del robot, el peso de la pinza debe restarse del peso máximo de la pieza de trabajo que se puede manipular. Además, es importante tener en cuenta que una pinza más ligera obtendrá movimientos más rápidos, lo que reducirá los tiempos de ciclo[14].

#### **2.4.4 Índice de rendimiento**

El índice de rendimiento también conocido como factor C el cual se puede calcular como la relación de la fuerza que produce sobre su peso y multiplicar esta relación por la carrera. Por lo tanto, el valor alcanzado es una medida de la eficiencia de la pinza y se puede utilizar para comparar diferentes productos o diseños, hay que recalcar que en las pinzas pequeñas es más difícil que sean eficientes en factor C, en general, el factor C mínimo en los datos estudiados es 0,36 J / kg y el mejor 28,57 J / kg con un promedio de 6,91 J / kg y una mediana de 5,68 J / kg [14].

#### **2.5. Métodos de agarre de objetos**

Las pinzas constituyen el final de la cadena cinemática en los sistemas de articulación de los robots industriales y facilitan la interacción con el entorno de trabajo. Actualmente, los sistemas de manipulación se basan en la mano humana, ya que tiene dos funciones características conocidas como presión y el tacto, la aplicación de herramientas computacionales para el modelamiento cinemático de este tipo de sistemas permite la evaluación y caracterización de un gripper relativamente eficiente. En la actualidad, los modelos matemáticos creados para describir el funcionamiento de la mano son proporcionalmente más complejos dependiendo de cuáles son las características funcionales que requiere en el manipulador[16].

### 2.5.1. Modelo matemático análisis robótico parámetros de Denavit-Hartenberg

La mano humana es un gripper natural universal, la cual se analiza como un robot considerando cada una de las falanges de los dedos como los eslabones de este, unidas por juntas rotacionales que producen el movimiento de flexión y extensión o abducción y aducción. En ingeniería, los parámetros Denavit-Hartenberg también conocidos como parámetros DH son los cuatro parámetros asociados con una convención particular para adjuntar marcos de referencia a los eslabones de una cadena cinemática espacial o manipulador de robot.

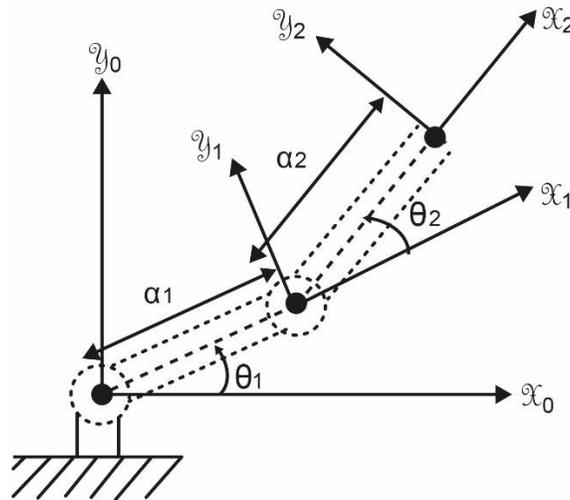


Figura 2. Representación de un robot de dos grados de libertad

Se modela cada dedo como un robot de dos grados de libertad, donde el primer eslabón, el que se encuentra anclado al origen de un sistema cartesiano de coordenadas corresponde a la falange proximal para ambos dedos y el segundo eslabón corresponde a la falange distal del primer dedo y a la falange medial del segundo dedo. Por lo tanto, las variables incluidas en este modelo son: el ángulo entre sistemas coordenados  $x_0$  y  $x_1$  ( $\theta_1$ ); el ángulo entre sistemas coordenados  $x_1$  y  $x_2$  ( $\theta_2$ ); la longitud del primer y segundo eslabón  $a_1$  y  $a_2$ .

De acuerdo a Denavit Hartenberg cada eslabón del robot es representado por una matriz de transformación homogénea A, Ecuación (1), la cual está descrita por el producto de cuatro matrices básicas de transformación, rotación y traslación utilizando los ángulos de Euler, mostrada de forma explícita en la Ecuación (2). Finalmente, el resultado del producto de todas las matrices A en su debido orden es la matriz de posición final T, Ecuación (3)[16].

$$A = Rot_{z,\theta} \cdot Tras_{z,d} \cdot Tras_{x,\alpha} \cdot Rot_{x,\alpha} \quad (1)$$

$$A = \begin{pmatrix} \cos \theta & -\text{sen } \theta & 0 & 0 \\ \sin \theta & \text{cos } \theta & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & d_1 \\ 0 & 1 & 0 & d_2 \\ 0 & 0 & 1 & d_3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & \alpha_1 \\ 0 & 1 & 0 & \alpha_2 \\ 0 & 0 & 1 & \alpha_3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \text{cos } \alpha & -\text{sen } \alpha & 0 \\ 0 & \text{sen } \alpha & \text{cos } \alpha & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (2)$$

$$T = A_1 * A_2 * \dots * A_{n-1} * A_n \quad (3)$$

Siguiendo la convención de Denavit Hartenberg, cada dedo posee dos juntas. Por cada junta se tiene una matriz de transformación A1 y A2, Ecuación (4). Finalmente se tiene la expresión de posición del robot multiplicando la matriz Ai correspondiente a cada junta del robot, donde el primer renglón corresponde a la falange proximal y el segundo la falange medial para cada dedo, Ecuación (5).

$$T = A_1 \cdot A_2 = \begin{bmatrix} \cos(\theta_1) & -\text{sen}(\theta_1) & 0 & \alpha_1 \cos(\theta_1) \\ \text{sen}(\theta_1) & \text{cos}(\theta_1) & 0 & \alpha_1 \text{sen}(\theta_1) \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos(\theta_2) & -\text{sen}(\theta_2) & 0 & \alpha_2 \cos(\theta_2) \\ \text{sen}(\theta_2) & \text{cos}(\theta_2) & 0 & \alpha_2 \text{sen}(\theta_2) \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (4)$$

$$T = A_1 \cdot A_2 = \begin{bmatrix} \cos(\theta_1 + \theta_2) & -\text{sen}(\theta_1 + \theta_2) & 0 & \alpha_1 \cos(\theta_1) + \alpha_2 \cos(\theta_1 + \theta_2) \\ \text{sen}(\theta_1 + \theta_2) & \text{cos}(\theta_1 + \theta_2) & 0 & \alpha_1 \text{sen}(\theta_1) + \alpha_2 \text{sen}(\theta_1 + \theta_2) \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (5)$$

## 2.6. Elementos para el diseño de la estructura

### 2.6.1 Filamento de impresión 3D (PLA).

Poliácido láctico (PLA) es un material no tóxico, biodegradable y de moderada resistencia mecánica debido a su composición de fibras naturales de maíz por la baja toxicidad es adecuado para el contacto con elementos suaves. Se utiliza en implantes médicos, fibras y textiles no tejidos, su temperatura de trabajo oscila entre los 190°C y los 200°C, es el material más utilizado en impresiones 3D a nivel doméstico.

### 2.6.2. Elastómero

Son polímeros que presentan una estructura elástica debido a su composición química. Se encuentran disponibles los denominados cojines adhesivos hechos de elastómeros combinados con una placa de soporte de aluminio. Los elastómeros ofrecen una fricción particularmente buena, mientras que la placa de soporte de aluminio garantiza la estabilidad [17].



Figura 3. Elastómero

### 2.6.3. Materiales Metálicos

Las características de los materiales serán de acuerdo al esfuerzo que se genera en cada parte del dispositivo para lo cual se seleccionarán según su resistencia mecánica. Los siguientes materiales son los comúnmente disponibles en el mercado.

Tabla 2. Valores aproximados del módulo de Young para diferentes materiales.

<b>Módulo de Young para un esfuerzo de tracción, expresados en <math>Nm^{-2}</math></b>	
<b>Acero</b>	$20 \times 10^{10}$
<b>Aluminio</b>	$7 \times 10^{10}$
<b>Caucho</b>	$1 \times 10^6$
<b>Cobre</b>	$11 \times 10^{10}$
<b>Hierro</b>	$19 \times 10^{10}$
<b>Hueso</b>	$1,6 \times 10^{10}$
<b>Latón</b>	$9 \times 10^{10}$
<b>Plomo</b>	$1,6 \times 10^{10}$
<b>Tungsteno</b>	$36 \times 10^{10}$
<b>Vidrio</b>	$7 \times 10^{10}$

Los materiales más comunes son el aluminio y acero por lo tanto se presenta las características del aluminio más usado.

### 2.6.4. Aluminio 1060

El aluminio 1060 es una de aleación de aluminio puro con un contenido del 97% del material como tal, cuanto más alto es el contenido de aluminio, más suave es el material, caracterizado por su alta conductividad térmica y eléctrica, buenas propiedades de trabajabilidad [18].

Tabla 3. Composición y propiedades del Aluminio 1060

<b>Propiedad</b>	<b>Magnitud</b>
Resistencia a la tracción MPa	53,93
Límite de Fluencia MPa	29,4
Módulo de Elasticidad MPa	68,67
Dureza Brinell	19
Densidad kg/m <sup>3</sup>	2710
Temperatura de fusión °C	660.452

### **2.6.5. Actuador inteligente**

Los actuadores inteligentes son elementos que permite accionar cualquier dispositivo para llevar a cabo determinado movimiento u acción, en el mercado existe una variedad de dispositivos, por lo tanto, hay que tener en cuenta las diferentes características tales como ser ligero, tener un torque apropiado, precisión y baja velocidad para mantener los objetos a sujetar sin daño alguno.

Cada sistema de accionamiento se caracteriza por algunas propiedades específicas. En consecuencia, para la mayoría de las pinzas, se aplican los siguientes actuadores eléctricos:

Motores paso a paso: Aplicación en sistemas proporcionales de bajo costo en lugar de accionamientos neumáticos. Servomotores (motores síncronos): Se utiliza para aplicaciones exigentes con fuerza sensible y regulación de posición; aplicable también para mediciones simultáneas. Motores lineales: Aplicable al funcionamiento proporcional a altas velocidades, es decir, para movimientos extremadamente rápidos de las mordazas. Accionamientos piezoeléctricos: Aplicable para objetos extremadamente ligeros y manipulación a alta velocidad. Su fiabilidad y vida útil es muy larga, pero la carrera alcanzable es algo limitada.

## CAPÍTULO III

### 3. METODOLOGÍA- DISEÑO

En este capítulo se describen las diferentes actividades desarrolladas para la elaboración del proyecto.

El proceso inicia con la investigación y recopilación de información acerca de los diferentes tipos de grippers, sus características principales y los parámetros necesarios para el agarre estable de objetos.

Una forma efectiva para alcanzar una solución es desarrollar criterios y alternativas para proceder a una buena elección del modelo del proyecto, para lo cual se fundamenta los criterios más relevantes que debe tener el modelo a generar. Esto ayuda a enmarcar alternativas para considerar la solución final mostrados en la tabla 4.

*Tabla 4. Asignación de los valores para comparación.*

<b>Evaluación</b>	<b>% óptimo</b>	<b>Significado</b>
<b>1</b>	<35	Insatisfactorio
<b>2</b>	35-50	Satisfactorio
<b>3</b>	51-75	Bueno
<b>4</b>	76-89	Muy bueno
<b>5</b>	90-100	Óptimo

#### **3.1 Parámetros del diseño del gripper**

Se establece los parámetros de diseño tabla 5 de acuerdo a las características técnicas consideradas en la tesis “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL GRIPPER PARA EL BRAZO ROBÓTICO UTN”[11] con el fin de optimizar el diseño presentado en dicha tesis.

Tabla 5. Parámetros del diseño del gripper

Parámetros	Descripción
Peso de la carga	1000 g
Carrera de la mordaza	6 cm
Peso del modelo	< 514,19 g
Medio ambiente	Temperatura promedio de 16 °C
Forma	Pinza de dos dedos
Mantenimiento	Diseño desmontable

### 3.2. Análisis mecánico

Se procede a desarrollar los diferentes cálculos para la construcción del modelo ideal del gripper. En la Figura 4 se muestran las diferentes fuerzas que actúan en el gripper.

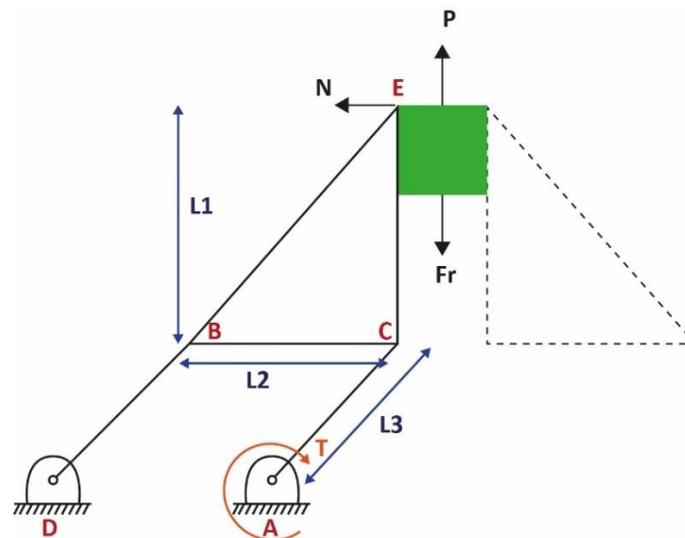


Figura 4. Diagrama del cuerpo libre de las mordazas

El cálculo de la Fuerza Normal que ejerce la superficie de la pinza sobre el objeto a sostener, con ayuda de peso del objeto y de la fuerza de rozamiento, se utilizó el valor del coeficiente de fricción de 0,64 en materiales con el aluminio.

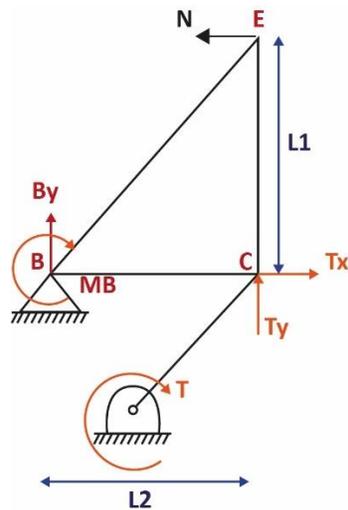


Figura 5. Diagrama del cuerpo libre de las mordazas con carga real para un lado.

A continuación, se presenta la fórmula de la fuerza de fricción dónde:

( $\mu$ ): es el coeficiente de fricción que puede variar según el material de contacto

N: es la fuerza normal.

$$Fr = \mu N \tag{6}$$

$$Fr = \frac{P}{2} \tag{7}$$

El peso de la carga según los parámetros de diseño establecidos es de 1kg, se realiza el cálculo para obtener el peso según la unidad de medida de la fuerza Newtons.

$$1kg * 9.81 \frac{m}{s^2} = 9,81N$$

$$Fr = \frac{P}{2} = 4,905N$$

Una vez obtenido el valor de la fuerza de la fricción, se efectuando un despeje de la ecuación (6) para el cálculo de la fuerza normal.

$$Fn = \frac{4,905N}{0,64} = 7,664N$$

Torque

Para el cálculo del torque, se considera la Figura 6, donde se presenta el diagrama de cuerpo libre mostrando todas las fuerzas que ejercen sobre el cuerpo.

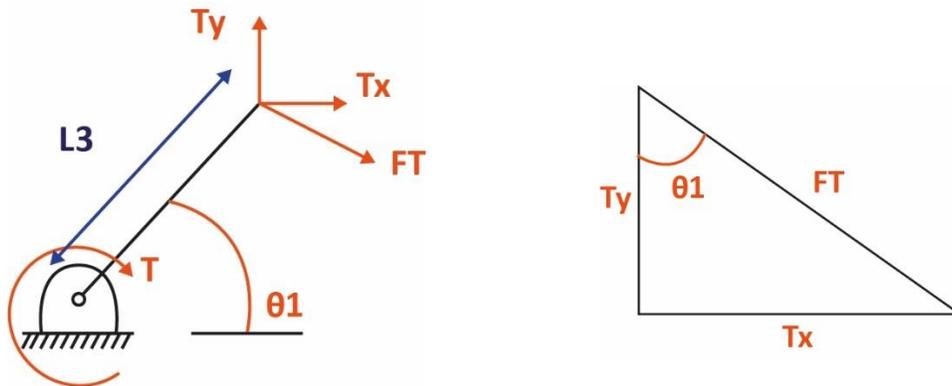


Figura 6. Diagrama de cuerpo libre para el cálculo del torque

Cuando se aplica una fuerza en algún punto de un cuerpo rígido en este caso las mordazas, el cuerpo genera un movimiento de rotación, la propiedad de la fuerza para hacer girar al cuerpo se mide con una magnitud física que se denomina torque o momento de la fuerza en la ecuación 11 se presenta las fuerzas

$$T_y = F_T \cos \theta_1 \quad (8)$$

$$T_y = \frac{T}{L_3} \cos \theta_1$$

$$T_x = F_T \operatorname{sen} \theta_1$$

$$T_x = \frac{T}{L_3} \operatorname{sen} \theta_1$$

$$F_T = \frac{T}{L_3}$$

$$Fn = \frac{T}{L_3} \operatorname{sen} \theta_1$$

Una vez desarrollada la ecuación se calcula el torque para una mordaza en donde se tiene  $F_n$  la fuerza normal,  $L_3$  el tamaño del eslabón y el ángulo máximo de abertura del gripper.

$$T = \frac{Fn * L_3}{\operatorname{sen} \theta_1}$$

$$T = \frac{7.664 \text{ N} * 3.5 \text{ cm}}{\operatorname{sen} 140} = 41,73 \text{ N}$$

Con el valor obtenido del torque de una mordaza, se multiplica dicho por el número de mordazas es decir por dos para obtener el cálculo total del torque necesario.

$$T_T = 41.73 \text{ N} * 2 = 83.46 \text{ Ncm}$$

Calculado el torque total se multiplica el valor por un coeficiente mayor a uno en este caso se calcula con un factor de seguridad de dos como si el sistema fuera requerido en mayor medida de lo que se espera en la realidad.

$$T = 2 * 83.46 \text{ Ncm} = 166.92 \text{ Ncm}$$

### 3.3 Diseño del modelo

Se han realizado tres alternativas de gripper de dos dedos utilizando un software de diseño CAD, estas alternativas han sido desarrolladas tomando en cuenta los parámetros especificados en la *Tabla 4*. Las opciones de diseño están desarrolladas a partir del modelo original presentado en la tesis “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL GRIPPER PARA EL BRAZO ROBÓTICO UTN” [11] los diferentes modelos serán descritos y analizados, a continuación.

#### 3.3.1 Diseño de la alternativa 1.

El primer modelo se basa en el diseño original con modificaciones en la forma y el tamaño de las mordazas, el tamaño de la actual mordaza es de 75 mm como nuestra en la *Figura 7*.

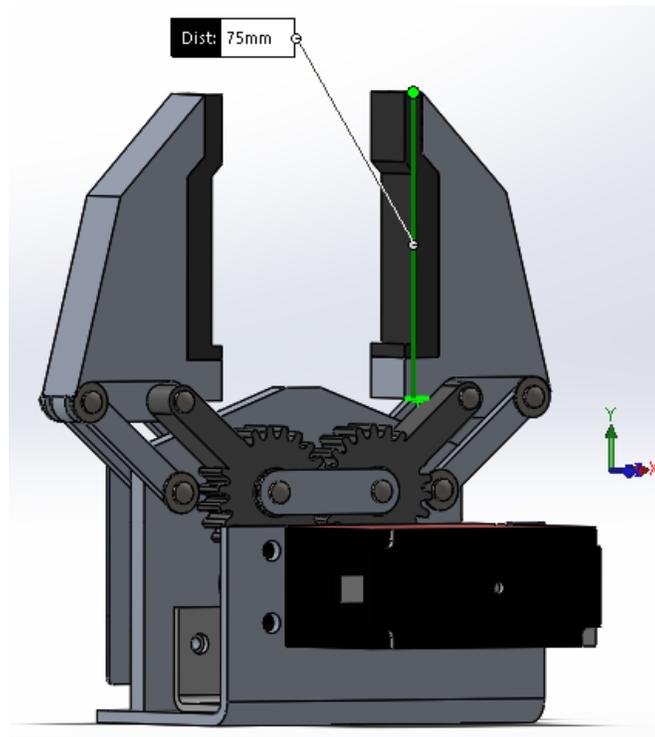


Figura 7. Alternativa 1(gripper de dos garras con modificaciones en las mordazas).

Tabla 6. Parámetros del diseño del gripper alternativa 1

Parámetros	Descripción
Peso de la carga	1000 g
Carrera de la mordaza	5.9 cm
Peso del modelo	481.32 g
Medio ambiente	Temperatura promedio de 16 °C
Forma	Pinza de dos dedos
Mantenimiento	Diseño desmontable

### 3.3.2 Diseño de la alternativa 2.

El segundo modelo toma en cuenta el diseño de los engranes conforme al diseño original, se presenta un modelo **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, con un diseño más atractivo de forma visual a su vez tiene modificaciones en el tamaño del eslabón el cual mide 25 mm y con el tamaño de la mordaza de 80 mm de igual manera es un diseño que se puede desmontar y acoplar fácilmente al brazo robótico.

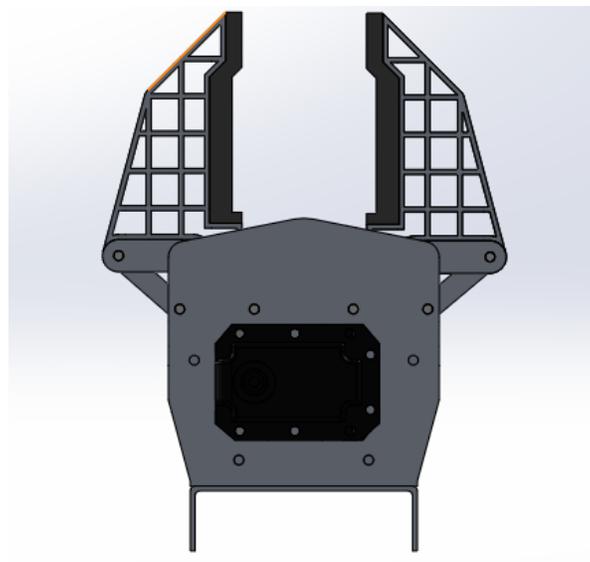


Figura 8. Alternativa 2 (gripper de dos garras).

Tabla 7. Parámetros del diseño del gripper alternativa 2

Parámetros	Descripción
Peso de la carga	1000 g
Carrera de la mordaza	4.5 cm
Peso del modelo	227.95 g
Medio ambiente	Temperatura promedio de 16 °C
Forma	Pinza de dos dedos
Mantenimiento	Diseño desmontable

### 3.3.2 Diseño de la alternativa 3.

El tercer modelo de igual forma toma en cuenta el diseño de los engranes conforme al diseño original, tiene modificaciones en el tamaño del eslabón el cual **¡Error! No se encuentra el origen d e la referencia.** mide 35 mm y con el tamaño de la mordaza de 80 mm con un diseño en la mordaza que permite ser más liviano el modelo.

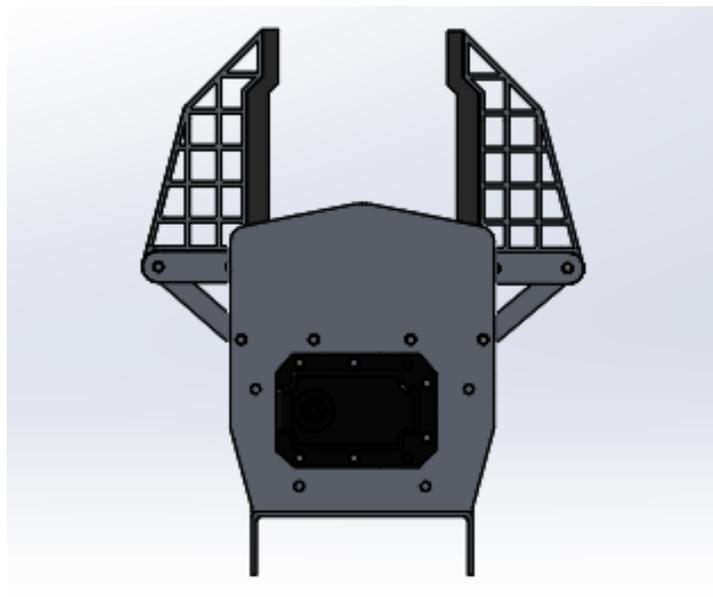


Figura 9. Alternativa 3 (gripper de dos garras).

Tabla 8. Parámetros del diseño del gripper alternativa 3

<b>Parámetros</b>	<b>Descripción</b>
<b>Peso de la carga</b>	1000 g
<b>Carrera de la mordaza</b>	5.9 cm
<b>Peso del modelo</b>	248.63 g
<b>Medio ambiente</b>	Temperatura promedio de 16 °C
<b>Forma</b>	Pinza de dos dedos
<b>Mantenimiento</b>	Diseño desmontable

### **3.4. Análisis de elementos finitos**

El análisis de elementos finitos se ejecuta mediante simulación computarizada en un software CAD para modelado mecánico el cual por medio de análisis y pruebas nos permite garantizar la resistencia, la ergonomía y la seguridad estructural de los diferentes modelos presentados. Al realizar el análisis detallado podemos obtener resultados como los esfuerzos de Von Mises y los desplazamientos del diseño.

#### **3.4.1 Análisis de elementos finitos alternativa 1**

Para comenzar a simular se debe definir la sujeción en la cara de las mordazas. En Figura 10 siendo la alternativa 1 se presenta de color violeta las fuerzas repartidas que actúan en las mordazas y como elemento fijo se encuentra señalado con las flechas verdes el engrane del servomotor en vista de que se genera en el, el movimiento como tal.

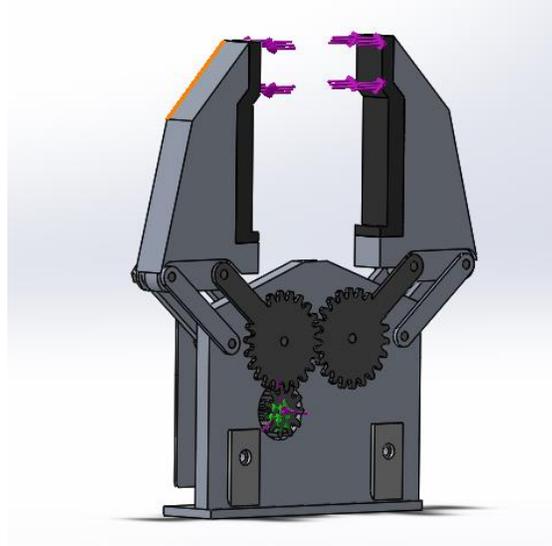


Figura 10. Alternativa 1 (Fuerzas que actúan en el gripper).

Al comenzar el análisis del elemento finito con las restricciones previamente definidas, se obtienen las tensiones Figura 11 en las pinzas que muestran un esfuerzo máximo de 2.205 MPa el material usado es aleación de aluminio 1060 que tiene un límite elástico de 25 MPa por lo tanto la pieza no supera la mayor tensión y va a trabajar con seguridad estructural.

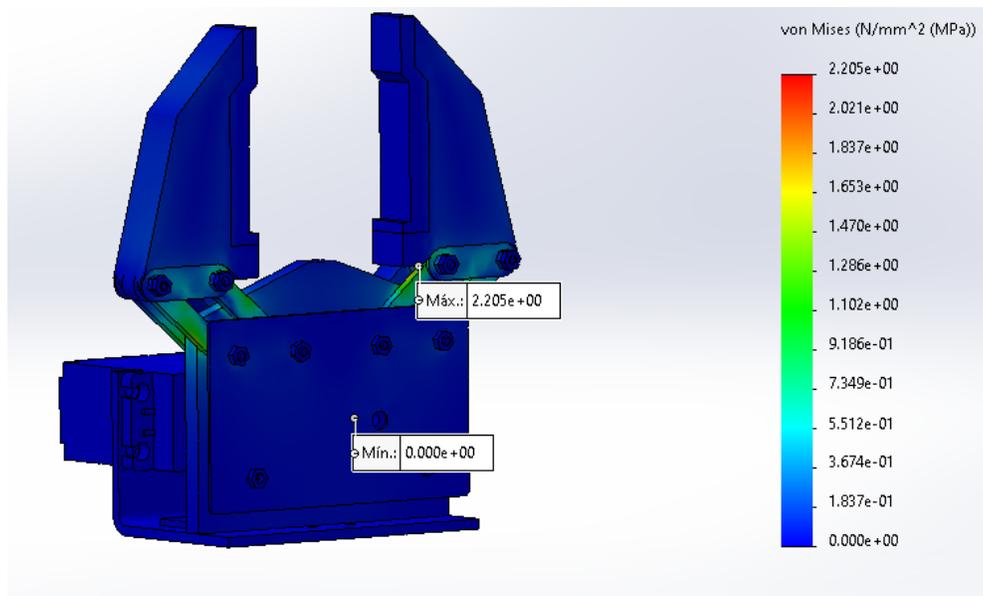


Figura 11. Alternativa 1 (Esfuerzos de Von Mises).

### 3.4.2 Análisis de elementos finitos alternativa 2

Para la segunda alternativa se presenta un modelo en donde se coloca las fuerzas de 1kg repartidas en las mordazas con una fuerza de 4.905 N y como elemento fijo de la misma forma que la alternativa 1 se encuentra señalado con las flechas verdes el engrane del servomotor.

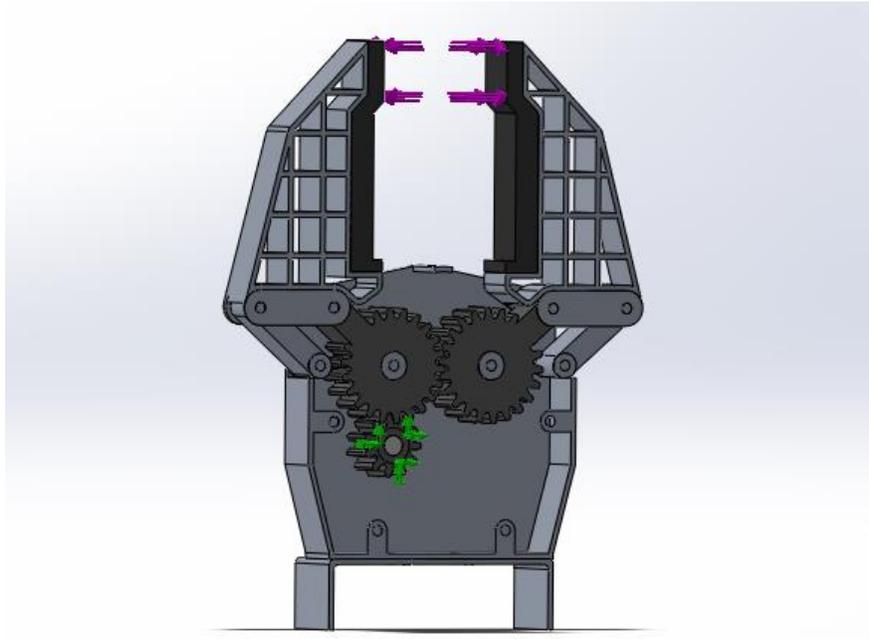


Figura 12. Alternativa 2 (Fuerzas que actúan en el gripper).

En la alternativa 2 se presenta una variación en el material de construcción, este caso se aplica aluminio 1060 donde el esfuerzo de von Mises es de 3.015 MPa y el material usado tiene en limite elástico de 27.5274 MPa

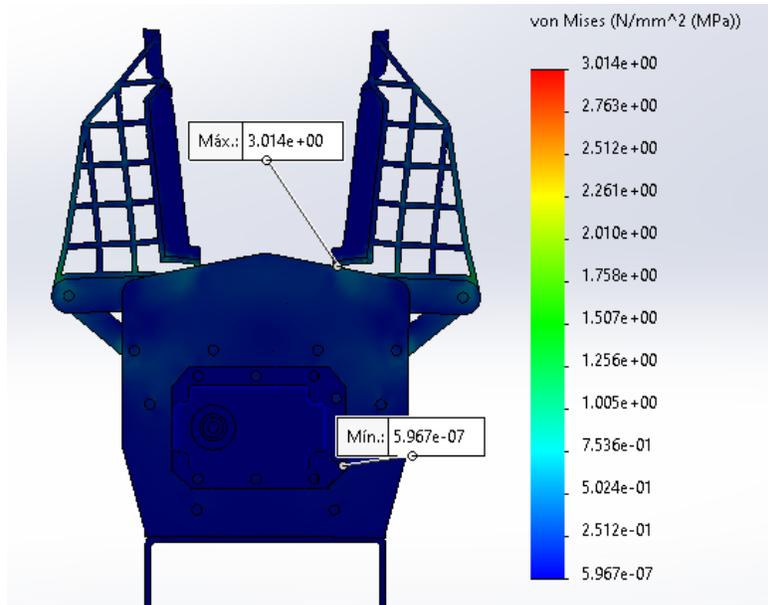


Figura 13. Alternativa 2 (Esfuerzos de Von Mises).

### 3.4.3 Análisis de elementos finitos alternativa 3

La tercera alternativa de igual forma que las alternativas antes presentadas las fuerzas son ubicadas en cada mordaza y como elemento fijo en el engrane del servomotor tal como se muestra en la Figura 14.

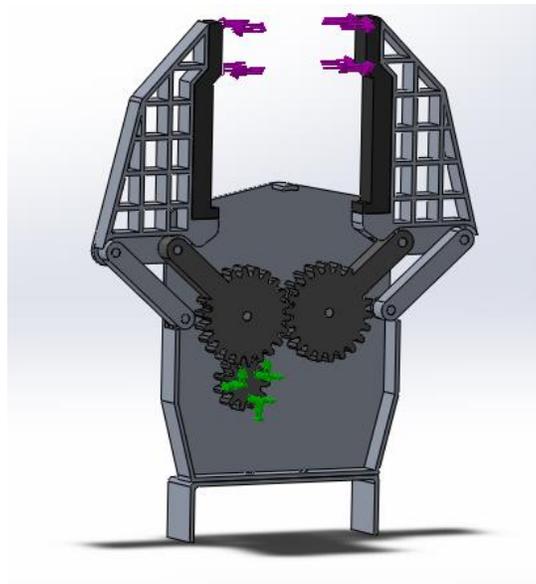


Figura 14. Alternativa 3 (Fuerzas que actúan en el gripper).

El análisis de elementos finitos en esta alternativa presenta un esfuerzo máximo de 1.877 MPa, la deformación se ubica en las mordazas del modelo, el material a usar es aluminio 1060 el mismo que tiene en limite elástico de 27.5274 MPa, siendo efectivo para soportar los esfuerzos de una carga de 1kg.

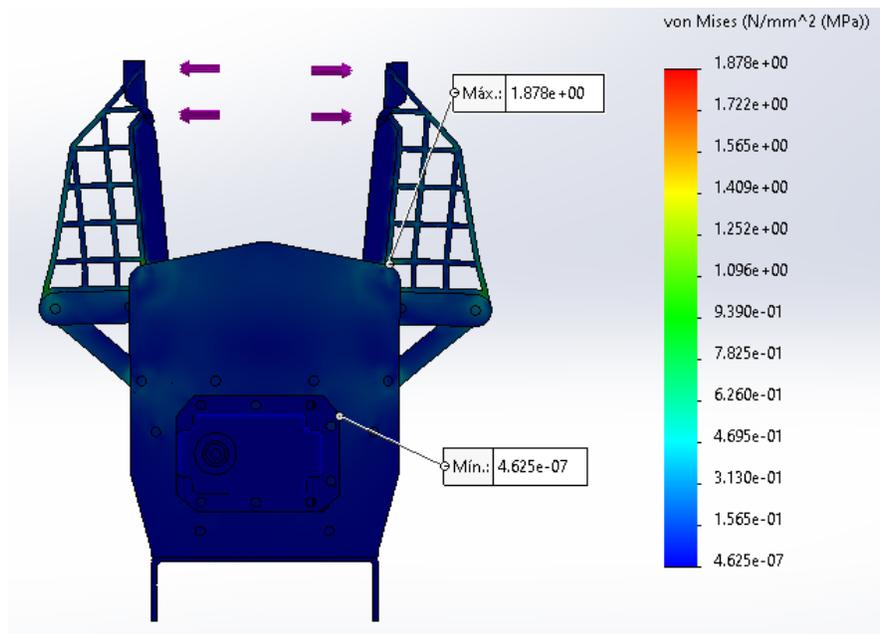


Figura 15. Alternativa 3 (Esfuerzos de Von Mises).

### 3.5. Selección de la mejor alternativa del modelo del gripper.

En la Tabla 8 se presenta la validación de las tres alternativas, según la escala de prioridades se otorga un valor a cada criterio de selección.

Tabla 9. Validación de las alternativas del modelo del gripper

<b>Parámetros</b>	<b>Alternativa 1</b>	<b>Alternativa 2</b>	<b>Alternativa 3</b>
<b>Peso del objeto a sujetar</b>	5	5	5
<b>Carrera de la mordaza</b>	4	3	4
<b>Peso del modelo</b>	2	4	3
<b>Medio ambiente</b>	5	5	5
<b>Forma</b>	3	4	4
<b>Mantenimiento</b>	4	4	4
<b>Esfuerzo máximo</b>	4	4	5
<b>TOTAL</b>	<b>27</b>	<b>29</b>	<b>30</b>

Según el dato obtenido de la valoración entre las alternativas que se propone en la tabla 9, la opción que más se adapta a los parámetros establecidos es la alternativa 3.

### **3.6. Selección del actuador inteligente**

Para generar el desplazamiento de las mordazas para abrir y cerrar el gripper, se precisa de un mecanismo que genere el desplazamiento con las garras del gripper por medio de un actuador eléctrico, como el servomotor Dynamixel MX-28T el cual es un actuador inteligente, totalmente integrado por Motor DC + Caja de engranes metálica+ Controlador + Driver y un módulo de red. La serie MX es un nuevo concepto de Dynamixel con funciones avanzadas como el control preciso, el control PID, de 360 grados de control de posición y de comunicación de alta velocidad, además consta de las siguientes características.

#### *Características:*

- Durabilidad avanzada
- 360 grados de control de posición y sin zona muerta

- 4.096 de resolución precisa por 0.088 grados
- Control de velocidad de giro en modo sin fin
- Alta tasa de transferencia de hasta 4.5Mbps
- Interfaz de comunicación TTL
- Control de par a través de la detección de corriente



Figura 16. Servomotor DYNAMIXEL MX-28T

La opción que más se adapta a los parámetros establecidos es dicho servomotor debido a su alto rendimiento, posicionamiento preciso y potentes funciones de retroalimentación.

Además, según los cálculos desarrollados previamente y con las características presentadas el torque del servomotor es de 20kg cm lo que se procede a transformar a la unidad de Newtons

$$T = 20 \text{ kg cm} = 196.132 \text{ Ncm}$$

El engrane del servomotor con respecto a las mordazas tiene una relación de transmisión 2:1 por lo tanto el torque obtenido es de

$$T = 40 \text{ kg cm} = 392.265 \text{ Ncm}$$

Con este valor se calcula el factor de seguridad, el cual nos muestra que sobrepasa el valor que se tiene como requerimiento.

$$F_s = \frac{392.265 \text{ Ncm}}{83.46 \text{ Ncm}} = 4.7$$

### 3.7. Detección de errores

Una vez seleccionada la alternativa tres como modelo que se adapta a los parámetros establecidos, se realiza un prototipado rápido 3D lo que nos permite fabricar muestras para detección, corrección de errores y optimizar el diseño de los productos finales, es importante mencionar que se usa el prototipado rápido como una herramienta para rectificar fallas de modelado en la simulación.

Mediante la impresora Ender 3 Pro con material PLA PLUS y bajo las siguientes especificaciones se procede a crear el modelo:

- Relleno de 60% con tipo en línea
- Temperatura de impresión de 225 °C
- Temperatura de la placa de impresión de 65 °C
- Velocidad de impresión de 50 mm/s
- Altura de capa 0,25 mm
- Grosor de paredes 0,8 mm

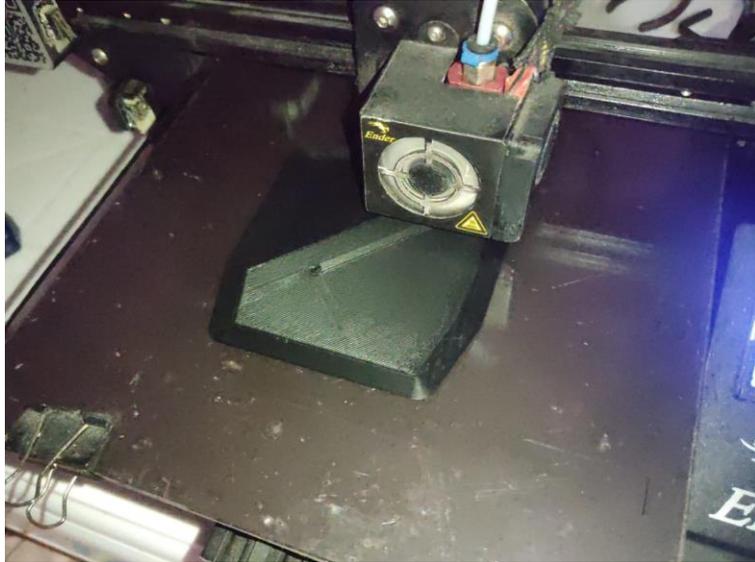


Figura 17. Prototipado del modelo seleccionado.

Se imprime diez piezas y se ensambla el modelo según corresponde utilizando pernos de M2x15 mm y M2x20 mm con sus respectivas tuercas.

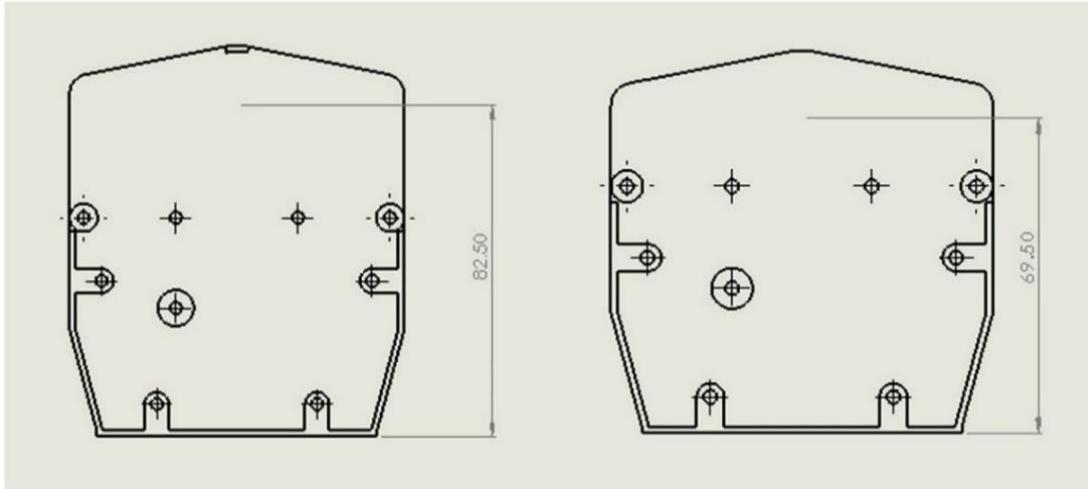


Figura 18. Piezas impresas en material PLA+.



Figura 19. Modelo ensamblado, prototipo preliminar

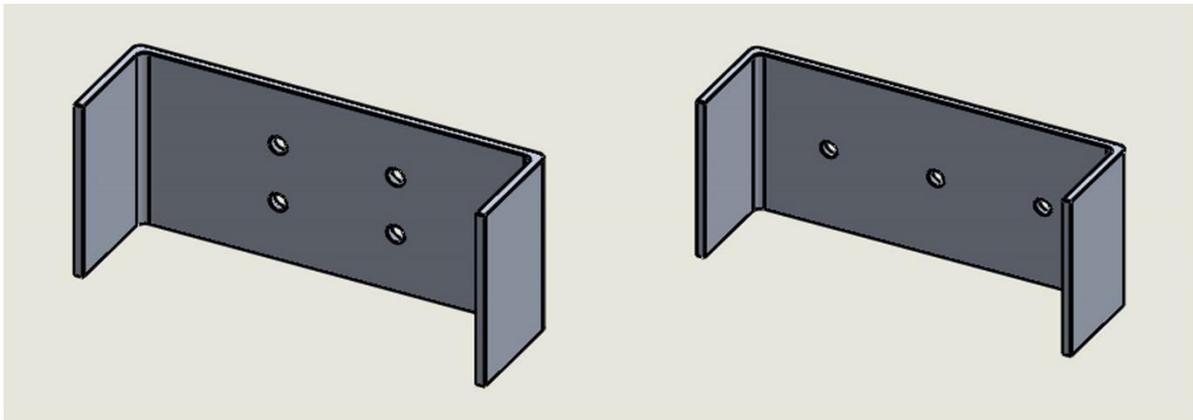
Una vez impreso y ensamblado el modelo se determina que hay elementos a corregir como la altura de las tapas siendo el diseño preliminar con una altura de 82.50 mm con una corrección a 69.50 mm Figura 20 para evitar que se remuerdan las mordazas, el soporte para acoplarse al brazo robótico debe tener mayor sujeción el diseño inicial cuenta con cuatro perforaciones para pernos. Sin embargo, presenta un rozamiento con la tapa por lo tanto se cambia a tres perforaciones para ser ubicados de forma horizontal produciendo mayor seguridad Figura 21. En un inicio el modelo de acuerdo a la alternativa 3 está diseñado con pasadores realizados del mismo material que las tapas, no obstante, al momento del prototipado se rompían los elementos constantemente por lo que se optó por cambiar a perforaciones para usar pernos M2x15 mm, M2x20 mm que se ajustan perfectamente al modelo Figura 22.



a) Pieza preliminar

a) Pieza final

Figura 20. a) Pieza altura tapa 82.50mm b) Pieza altura tapa 69.50mm.



a) Pieza preliminar

a) Pieza final

Figura 21. a) Pieza con 4 perforaciones. b) Pieza con 3 perforaciones

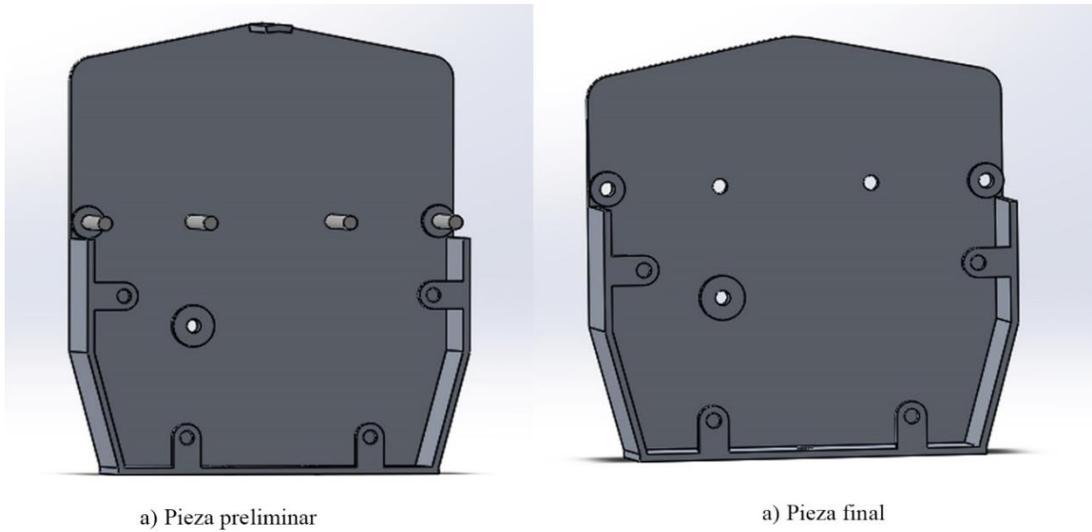


Figura 22. a) Pieza con pasadores. b) Pieza con perforaciones para usar pernos

### 3.8. Análisis Cinemático.

El análisis cinemático se plantea en términos de encontrar una matriz de transformación que relaciona el sistema de coordenadas ligado al cuerpo en movimiento respecto a un sistema de coordenadas de referencia.

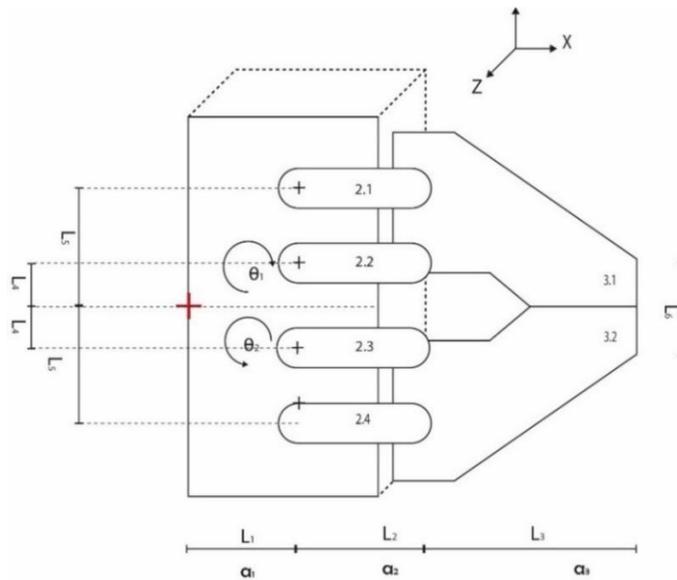


Figura 23. Sistemas de coordenadas para la convención de D-H

Determinar el número de eslabones y el número de articulaciones

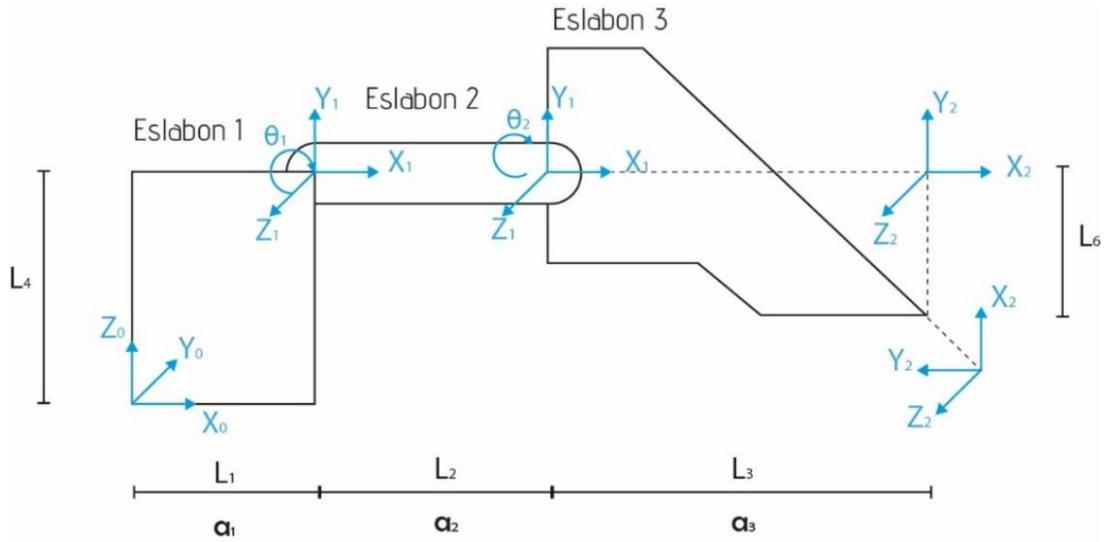


Figura 24. Parámetros D-H

Tabla 10. Parámetros D-H

Articulación	$\theta_i$	$d_i$	$a_i$	$\alpha$
1	$-\theta_1$	$L_4$	$L_1$	90
2	$-\theta_2 = \theta_1$	0	$L_2$	0
2'	0	0	$L_3$	0
3	90	0	$-L_6$	0

Medidas de las longitudes

$$L_1 = 54.5 \text{ mm}$$

$$L_2 = 35 \text{ mm}$$

$$L_3 = 73.63 \text{ mm}$$

$$L_4 = 15.25 \text{ mm}$$

$$L_6 = 9.8 \text{ mm}$$

Matrices de rotación y traslación

$$M_1 = \begin{bmatrix} \cos \theta_1 & 0 & -\sin \theta_1 & 54.5 \cos \theta_1 \\ -\sin \theta_1 & 0 & -\cos \theta_1 & -54.5 \sin \theta_1 \\ 0 & 1 & 0 & 15.25 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$M_2 = \begin{bmatrix} \cos \theta_1 & -\sin \theta_1 & 0 & 35 \cos \theta_1 \\ \sin \theta_1 & \sin \theta_1 & 0 & 35 \sin \theta_1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$M_2' = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 73.63 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$M_3 = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & -9.8 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$M_1 \times M_2 = \begin{bmatrix} \cos^2 \theta_1 & -\cos \theta_1 \sin \theta_1 & -\sin \theta_1 & [54.5 \cos \theta_1 + 35 \cos^2 \theta_1] \\ -\cos \theta_1 \sin \theta_1 & \sin^2 \theta_1 & -\cos \theta_1 & [-54.5 \sin \theta_1 - 35 \cos \theta_1 \sin \theta_1] \\ \sin \theta_1 & \sin \theta_1 & 0 & [35 \sin \theta_1 + 15.25] \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$M_1 \times M_2 \times M_2' = \begin{bmatrix} \cos^2 \theta_1 & 0 & -\sin \theta_1 & [54.5 \cos \theta_1 + 108.63 \cos^2 \theta_1] \\ -\cos \theta_1 \sin \theta_1 & 0 & -\cos \theta_1 & [-54.5 \sin \theta_1 - 108.63 \cos \theta_1 \sin \theta_1] \\ \sin \theta_1 & 0 & 0 & [108.63 \sin \theta_1 + 15.25] \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

## 4. RESULTADOS

En este capítulo se presentan los resultados del diseño final del gripper juntamente con pruebas para certificar la resistencia, la ergonomía y la seguridad estructural. Por lo tanto, se aplica al modelo diseñando el análisis de los elementos finitos mediante simulación computarizada.

### 4.1 Esfuerzos de von Mises

Para el análisis se considera someter a cargas repartidas en las mordazas del gripper (4.0905 N) y en el engrane principal del mecanismo, puesto que se encuentra sometido al torque del actuador y debe sobrellevar el peso del objeto a levantar, como indica en la Figura 25.

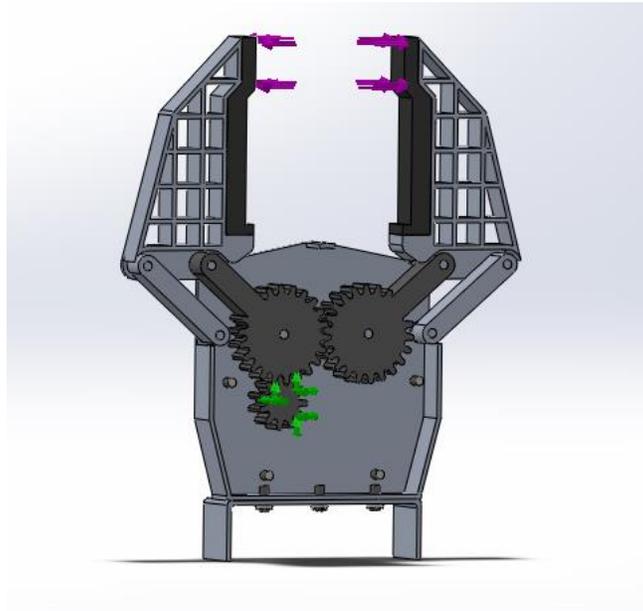


Figura 25. Fuerzas que actúan en el gripper.

El esfuerzo resultante de tensiones de Von Mises en toda la estructura como se aprecia en la Figura 26 es de 4.178 MPa, se observa que la pieza que más sufre tensión son las mordazas y las barras, no obstante, en comparación al límite elástico del material de construcción Aluminio 1060, es de 27.5274 MPa, por lo cual se concluye que el diseño es seguro.

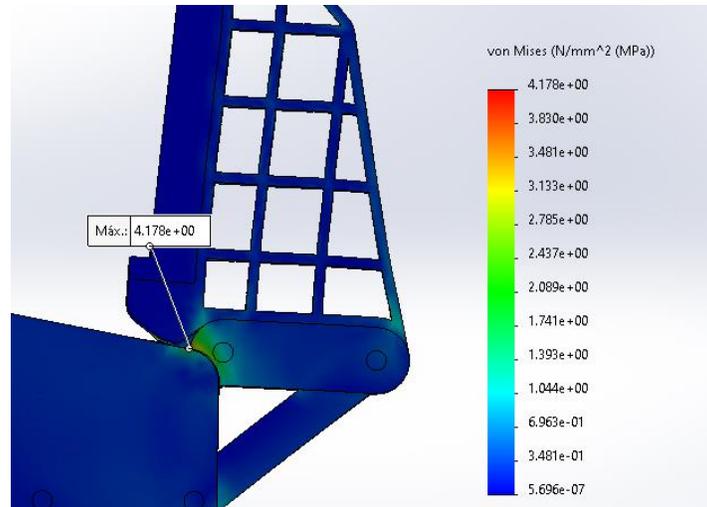


Figura 26. Esfuerzos de Von Mises.

## 4.2 Desplazamientos

En la Figura 27 se observa que la máxima deformación se presenta en la parte de las garras, de 0.01196 [mm], mientras exista contacto con algún objeto que se opone al movimiento, el valor es aceptable, considerado como despreciable, el modelo es estable.

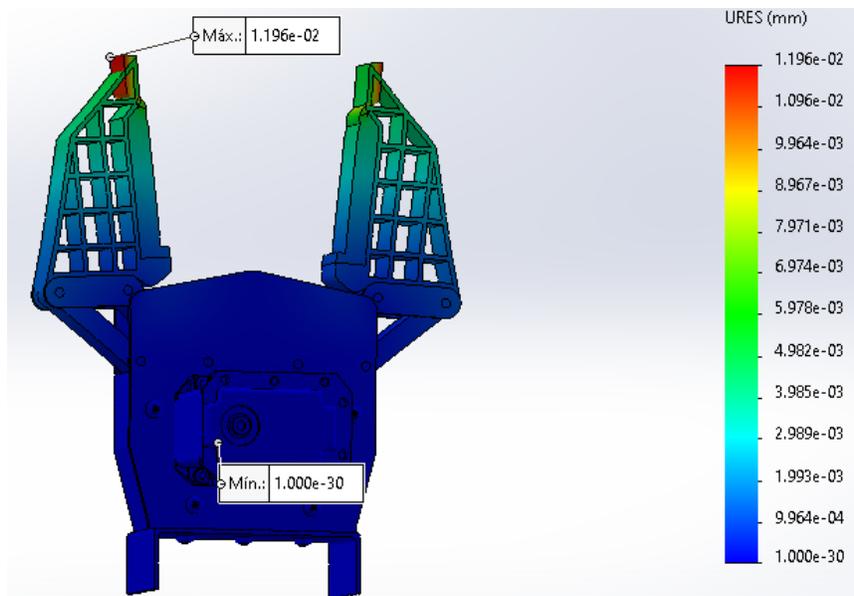


Figura 27. Desplazamientos

### 4.3 Factor de seguridad

El factor de seguridad mínimo según la simulación realizada al modelo es 5,56 como se aprecia en la Figura 28, siendo mayor que el factor de seguridad admisible de  $N= 1$  considerando el diseño como seguro.

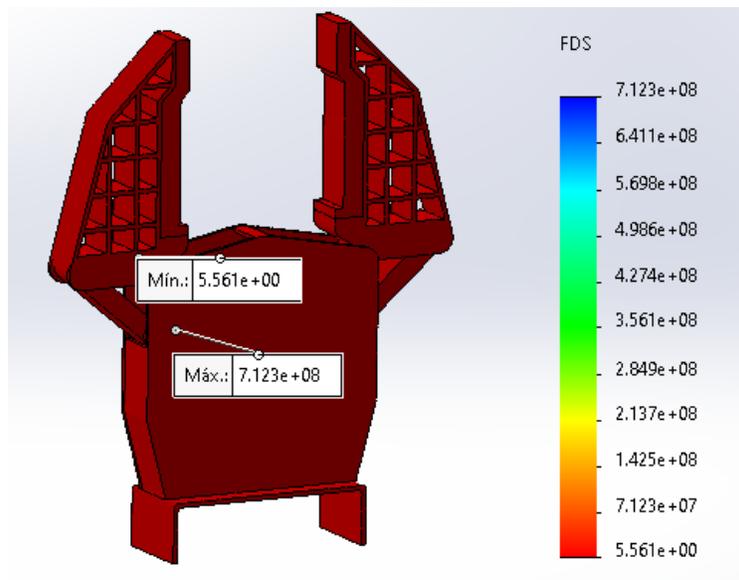


Figura 28. Factor de seguridad

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES

- La investigación de las diferentes características del gripper determinan los parámetros que intervienen en el agarre estable de objetos tales como carrera de la mordaza, peso de los elementos a sujetar, peso del modelo y forma. En base a los resultados se determinan los elementos de diseño tales como: el peso de los objetos a sujetar de 1 kg, la carrera de la mordaza de 5,9 cm, peso del gripper de 240,99 gr, su forma ergonómica y mantenimiento. A su vez tener en cuenta las particularidades sobre la forma y tamaño de las garras del diseño de un gripper para que sea funcional a distintos objetos a sujetar.
- Se ha ejecutado el análisis del diseño de la pinza de sujeción con dos garras propuesto a partir de un diseño inicial, donde las mordazas entran en contacto directo con los objetos a sujetar, las mordazas están diseñadas de tal manera que es posible una retención fiable de objetos pequeños.
- Diseñar el modelo del gripper en un software CAD y usar la técnica de prototipado rápido permitieron obtener una mejor comprensión física del diseño final donde se visualiza la correcta funcionalidad de los diferentes modelos, se identifica aspectos que presentan dificultades, con el propósito de presentar un modelo final que favorezca a un mejor desempeño y funcionalidad.
- Por medio de la simulación se comprueba que el análisis de los elementos finitos es una técnica adecuada para conocer con anterioridad el comportamiento del diseño, en este caso

se observa que el esfuerzo resultante de tensiones de von Mises es de 4,178 MPa en comparación al límite elástico del material de construcción el cual es de 27,5274 MPa, por lo que se garantiza que el diseño puede ser manufacturado de manera segura.

## RECOMENDACIONES

- Para el desarrollo de futuros proyectos se recomienda como un posible material a construir a más del aluminio 1060, el PLA PLUS como una alternativa para uso de los elementos electrónicos de la universidad.
- Comprobar mediante estudios más exhaustivos y pruebas de las particularidades del objeto que la pinza puede manipular tal como el peso, forma, naturaleza del material y rigidez del objeto.
- En el caso de manufactura se sugiere utilizar cinta antideslizante en las dos caras de las garras del gripper para alcanzar una mejor sujeción de objetos.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] M. Liarokapis, A. M. Dollar, and S. Member, “2017\_IROS\_DerivingDexterousManipulationPrimitivesAdaptiveHands.”
- [2] C. H. Liu and C. H. Chiu, “Design and prototype of monolithic compliant grippers for adaptive grasping,” *2018 3rd Int. Conf. Control Robot. Eng. ICCRE 2018*, pp. 51–55, 2018, doi: 10.1109/ICCRE.2018.8376432.
- [3] R. A. J. Stavenuiter, L. Birglen, and J. L. Herder, “A planar underactuated grasper with adjustable compliance,” *Mech. Mach. Theory*, vol. 112, pp. 295–306, 2017, doi: 10.1016/j.mechmachtheory.2016.08.001.
- [4] A. Milojević, M. Tomić, H. Handroos, and Ž. Čojbašić, “Novel Smart and Compliant Robotic Gripper: Design, Modelling, Experiments and Control,” *EUROCON 2019 - 18th Int. Conf. Smart Technol.*, pp. 7–10, 2019, doi: 10.1109/EUROCON.2019.8861561.
- [5] E. Balboa, “Diseño Mecánico : Dispositivos de sujeción reconfigurable ‘ Diseño de dispositivo de sujeción reconfigurable de cuatro dedos para uso con robot industrial ,” 2019.
- [6] C. Silva, “Diseño e implementación de prototipo de una pinza robótica adaptativa de tres dedos basada en estructura FinRay ®,” vol. 18, no. 34, pp. 103–121, 2018.
- [7] M. Bolboe and I. Staretu, “Antropomorphic gripper with two symmetrical fingers, designed for industrial robots,” *23rd Int. Conf. Robot. Alpe-Adria-Danube Reg. IEEE RAAD 2014 - Conf. Proc.*, 2015, doi: 10.1109/RAAD.2014.7002280.
- [8] A. S. Sadun, J. Jalani, and F. Jamil, “Grasping analysis for a 3-Finger Adaptive Robot Gripper,” *2016 2nd IEEE Int. Symp. Robot. Manuf. Autom. ROMA 2016*, no. 3, 2016, doi:

- 10.1109/ROMA.2016.7847806.
- [9] M. S. Choi *et al.*, “Development of multi-purpose universal gripper,” *2017 56th Annu. Conf. Soc. Instrum. Control Eng. Japan, SICE 2017*, vol. 2017-Novem, pp. 1421–1424, 2017, doi: 10.23919/SICE.2017.8105739.
- [10] J. A. D. Alejandro and V. S. J. Carlos, “Diseño y construcción de un gripper neumático industrial de dos garras para el brazo robótico KUKA KR16, fabricado mediante técnica de deposición fundida, recubrimiento con material compuesto y control de velocidad de carrera,” 2019.
- [11] E. A. P. Lapuerta, *Diseño y construcción del gripper para el brazo robótico “UTN,”* vol. 53, no. 9. 2017.
- [12] N. Y. G. GARCÍA and W. A. G. ORTIZ, “Diseño Y Simulación De Un Gripper Para La Manipulación De Recipientes En La Fms Has – 200,” *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2019.
- [13] G. Calle, “Dedos Para ‘Grippers’ Robóticos,” *Sci. Tech.*, vol. 11, no. 27, pp. 97–102, 2005.
- [14] L. Birglen and T. Schlicht, “A statistical review of industrial robotic grippers,” *Robot. Comput. Integr. Manuf.*, vol. 49, no. January 2017, pp. 88–97, 2018, doi: 10.1016/j.rcim.2017.05.007.
- [15] A. C. Pose, “ANÁLISIS CINEMÁTICO Y DINÁMICO DE PINZA DE ROBOT PARA ESPACIOS AISLADOS,” 2015, [Online]. Available: [https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/23130/TFG\\_Alejandra\\_Carranza\\_Pose.pdf?sequence=1](https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/23130/TFG_Alejandra_Carranza_Pose.pdf?sequence=1).
- [16] F. O. Gonzalez-Espinosa, E. D. de la Rosa-Montero, C. Rios-Ramirez, and Y. E. Gonzalez-Navarro, “Gripper robótico antropomórfico a los dedos primero y segundo, sensible a la

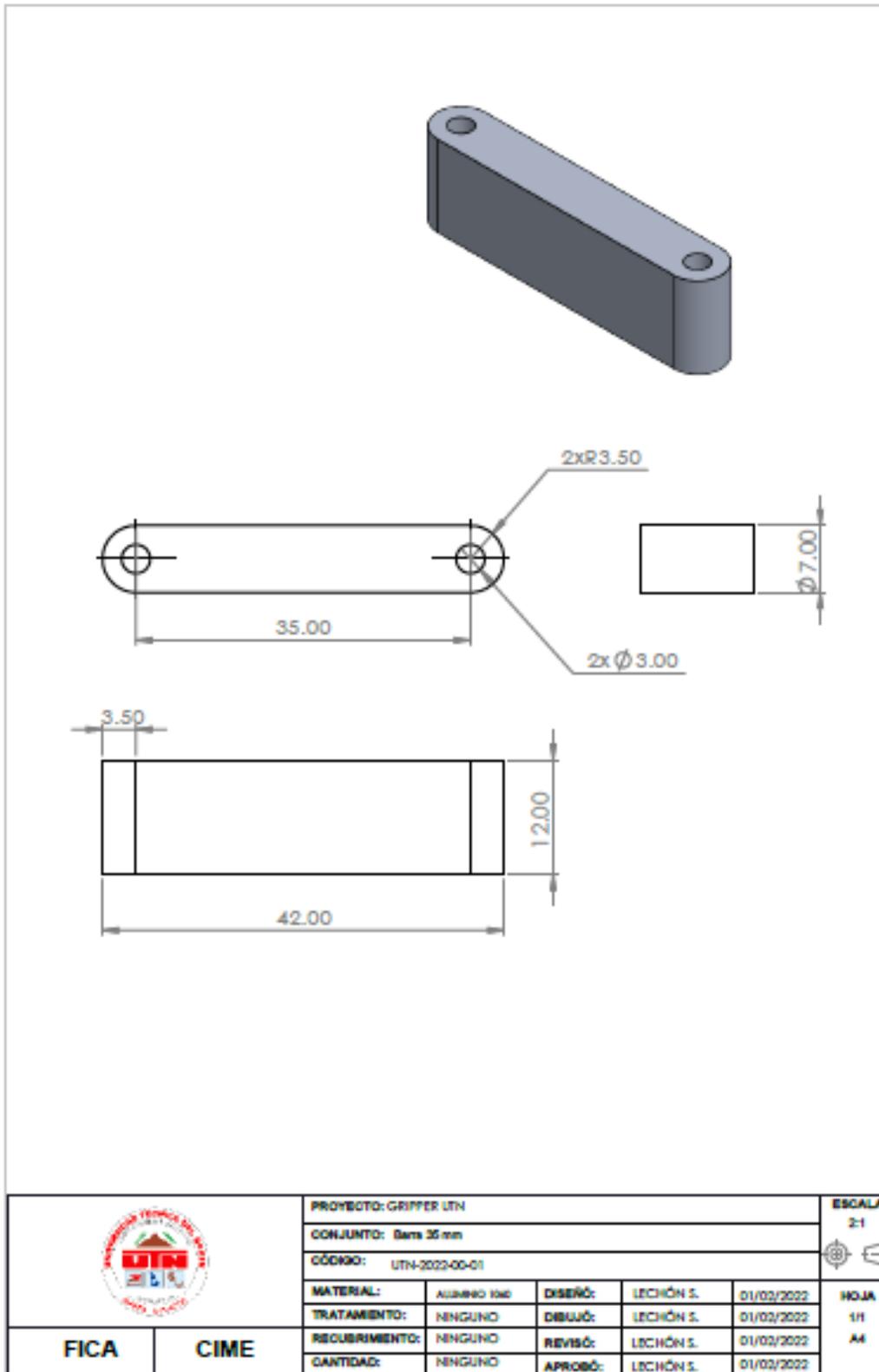
- presión,” *Res. Comput. Sci.*, vol. 105, no. 1, pp. 75–86, 2015, doi: 10.13053/rcs-105-1-7.
- [17] H. S. Andreas Wolf, Ralf Steinmann, “Gripper in motion,” no. July, pp. 1–23, 2016.
- [18] I. G. V. P. Silva, “Análisis de la aleación mecánica de aluminio 1060 con porcentajes controlados en peso de zinc y su incidencia en la resistencia última a la tensión, dureza e impacto,” *Repos. Inst. la Univ. Técnica Ambato*, no. Cohorte 2017, p. 119, 2015, [Online]. Available: <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/12640>.

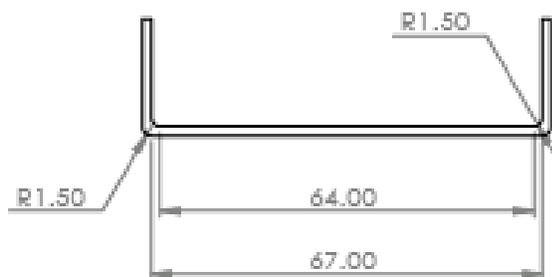
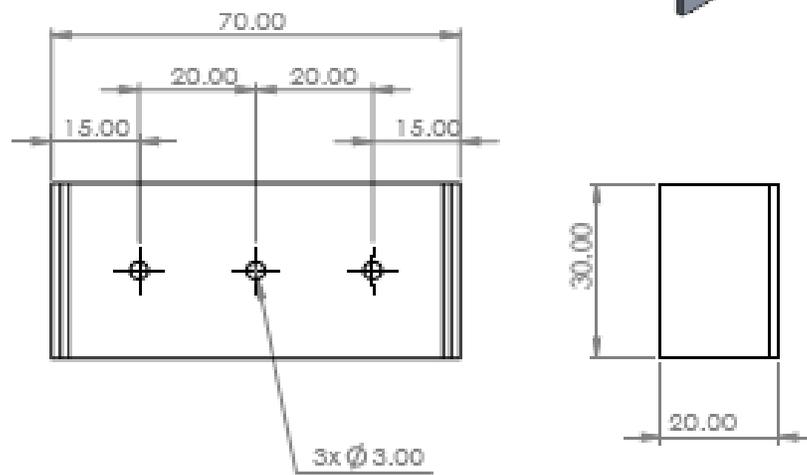
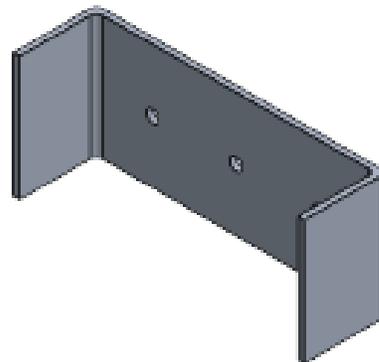
## ANEXOS

### Anexos 1. Especificaciones del servomotor Dynamixel MX-28T

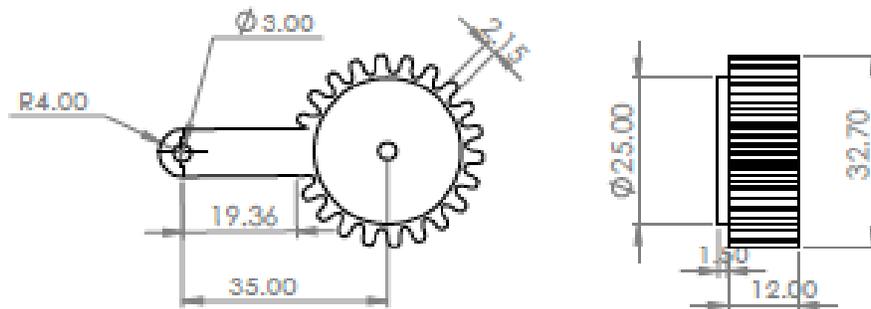
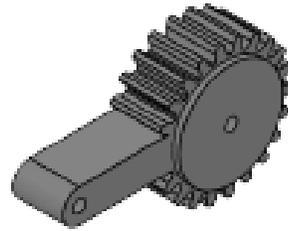
Artículo	Especificaciones
UCM	ARM CORTEX-M3 (72 [MHz], 32 bits)
Sensor de posición	Codificador absoluto sin contacto (12 bits, 360 [°]) Fabricante: ams (www.ams.com), n.º de pieza: AS5045
Motor	Sin núcleo (Maxon)
Tasa de baudios	8.000 [bps] ~ 4,5 [Mbps]
Algoritmo de control	Control PID
Resolución	4096 [pulso/rev]
Reacción	20 [arcmin] (0,33 [°])
Modos de funcionamiento	Modo rueda (giro sin fin) Modo conjunto (0 ~ 360 [°]) Modo multigiros
Peso	MX-28AR/AT: 77 [g], MX-28RT: 72 [g]
Dimensiones (An. x Al. x Pr)	35,6 x 50,6 x 35,5 [mm]
Relación de transmisión	193 : 1
Par de parada	2,3 [Nm] (a 11,1 [V], 1,3 [A]) 2,5 [Nm] (a 12 [V], 1,4 [A]) 3,1 [Nm] (a 14,8 [V], 1,7 [A])
Sin velocidad de carga	50 [rev/min] (a 11,1 [V]) 55 [rev/min] (a 12 [V]) 67 [rev/min] (a 14,8 [V])
Carga Radial	<input type="checkbox"/> 30 [N] (10 [mm] de distancia de la bocina)
Carga axial	<input type="checkbox"/> 15 [n]
Temperatura de funcionamiento	-5 ~ +80 [°C]
Voltaje de entrada	10,0 ~ 14,8 [V] ( <b>Recomendado: 12,0 [V]</b> )
Señal de comando	Paquete Digital
Conexión física	RS485 / TTL Multidrop Bus TTL Half Duplex Comunicación serial asincrónica con 8 bits, 1 parada, sin paridad RS485 Comunicación serial asincrónica con 8 bits, 1 parada, sin paridad
IDENTIFICACIÓN	254 ID (0 ~ 253)

Anexos 2. Planos del gripper

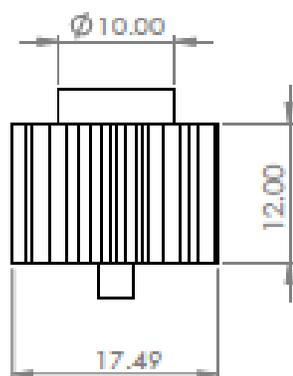
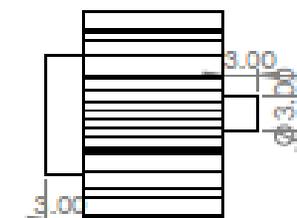
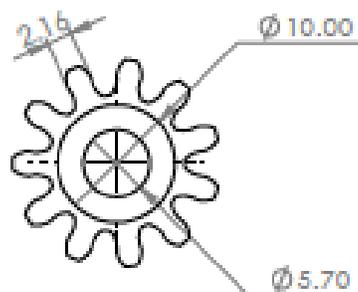
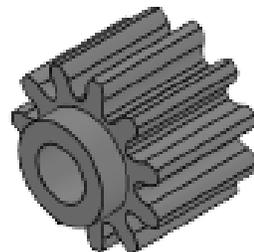




	<b>PROYECTO:</b> GRIFPER UTH				<b>ESCALA</b> 1:1 	
	<b>CONJUNTO:</b> Acopl					
	<b>CÓDIGO:</b> UTH-2022-00-02					
	<b>MATERIAL:</b>	ALUMINIO 1100	<b>DISEÑO:</b>	LECHÓN S.	01/02/2022	<b>HOJA</b> 1/1 A4
	<b>TRATAMIENTO:</b>	NINGUNO	<b>DIBUJO:</b>	LECHÓN S.	01/02/2022	
<b>RECUBRIMIENTO:</b>	NINGUNO	<b>REVISÓ:</b>	LECHÓN S.	01/02/2022		
<b>CANTIDAD:</b>	NINGUNO	<b>APROBÓ:</b>	LECHÓN S.	01/02/2022		
<b>FICA</b>	<b>CIME</b>					



	PROYECTO: GRIPPER UTH				ESCALA 1:1 	
	CONJUNTO: Engine mordaza 35 mm					
	CÓDIGO: UTH-2022-00-03					
	MATERIAL:	ALUMINO 1040	DESENHO:	LECHÓN S.	01/03/2022	HOJA 1/1 A4
	TRATAMIENTO:	NINGUNO	DESENHO:	LECHÓN S.	01/03/2022	
RECURRIMIENTO:	NINGUNO	REVISÃO:	LECHÓN S.	01/03/2022		
CANTIDAD:	NINGUNO	APROBÓ:	LECHÓN S.	01/03/2022		
<b>FICA</b>	<b>CIME</b>					



PROYECTO: GRIPPER LTM

CONJUNTO: Engine Servomotor

CÓDIGO: LTM-2023-00-04

MATERIAL: ALUMINIO 6060 DISEÑO: LECHÓN S. 01/02/2023

TRATAMIENTO: NINGUNO DIBUJO: LECHÓN S. 01/02/2023

RECUBRIMIENTO: NINGUNO REVISÓ: LECHÓN S. 01/02/2023

CANTIDAD: NINGUNO APROBÓ: LECHÓN S. 01/02/2023

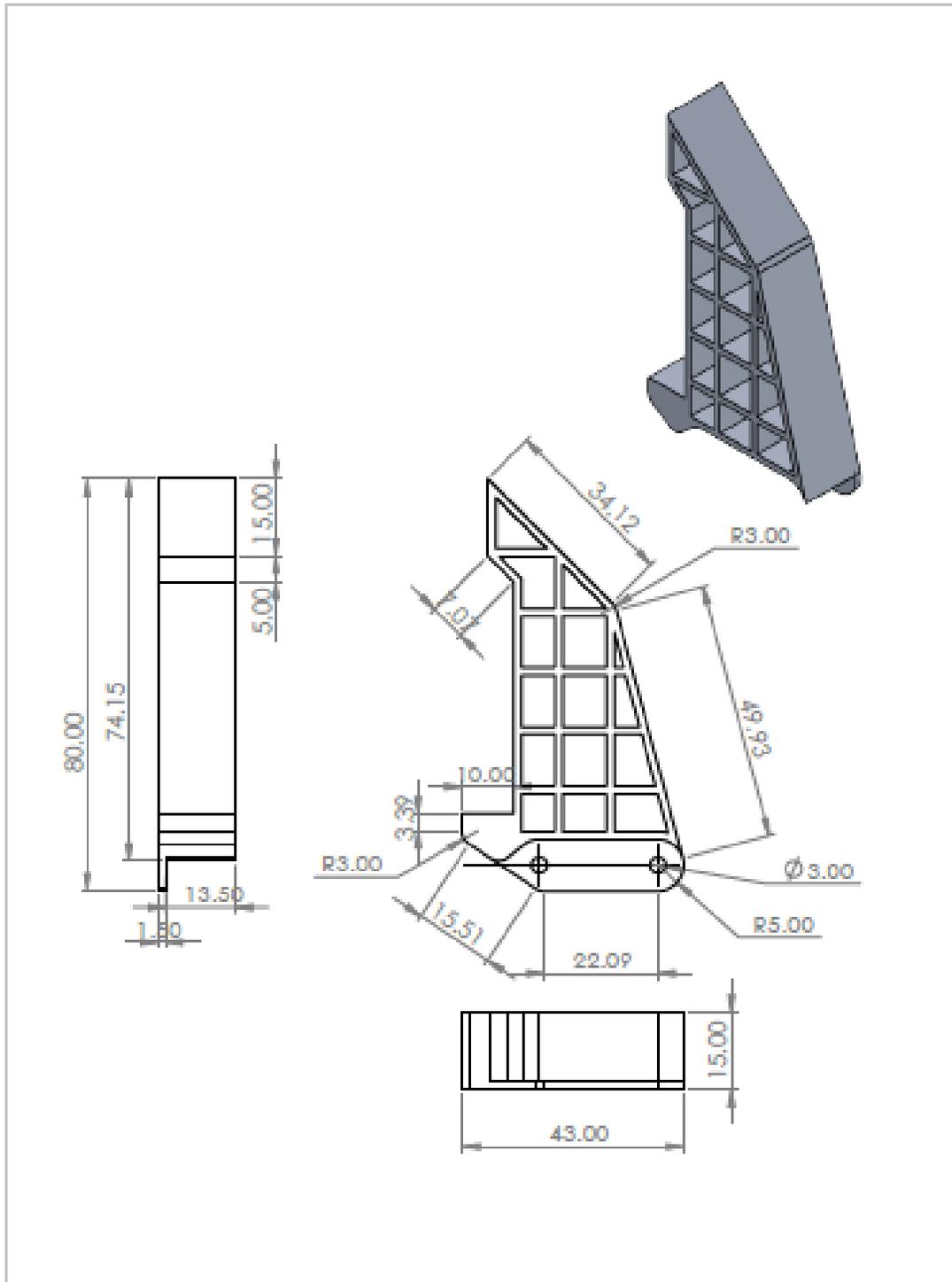
ESCALA  
2:1



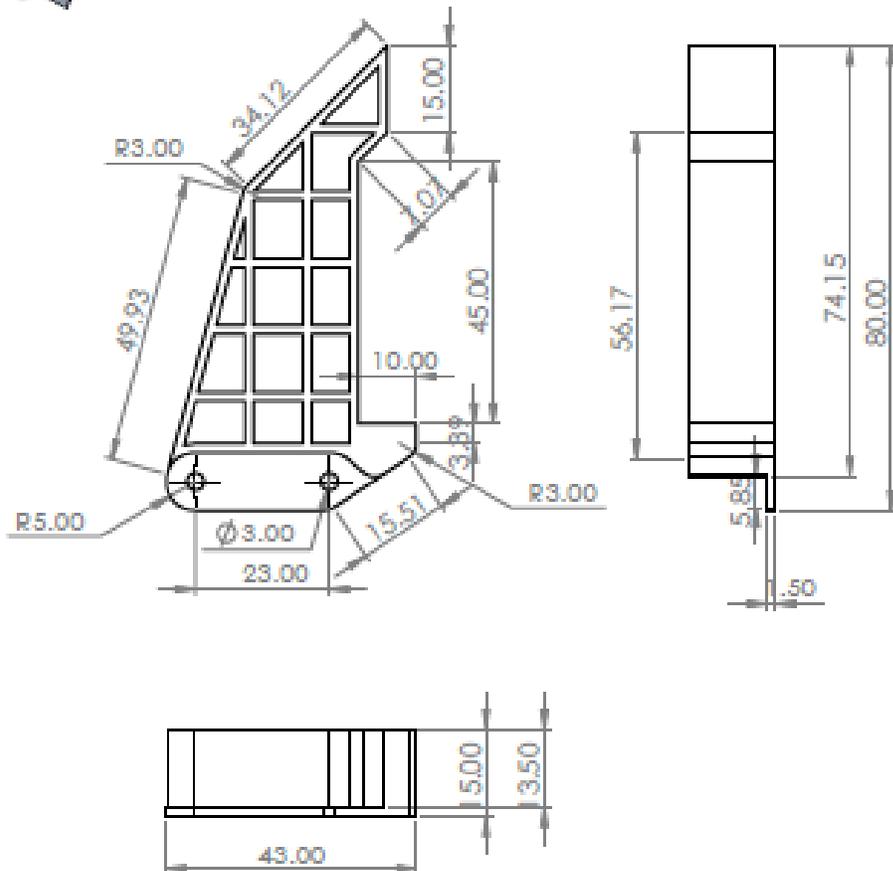
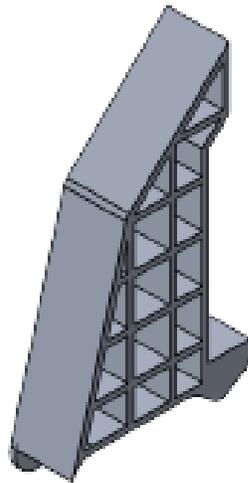
FICA

CIME

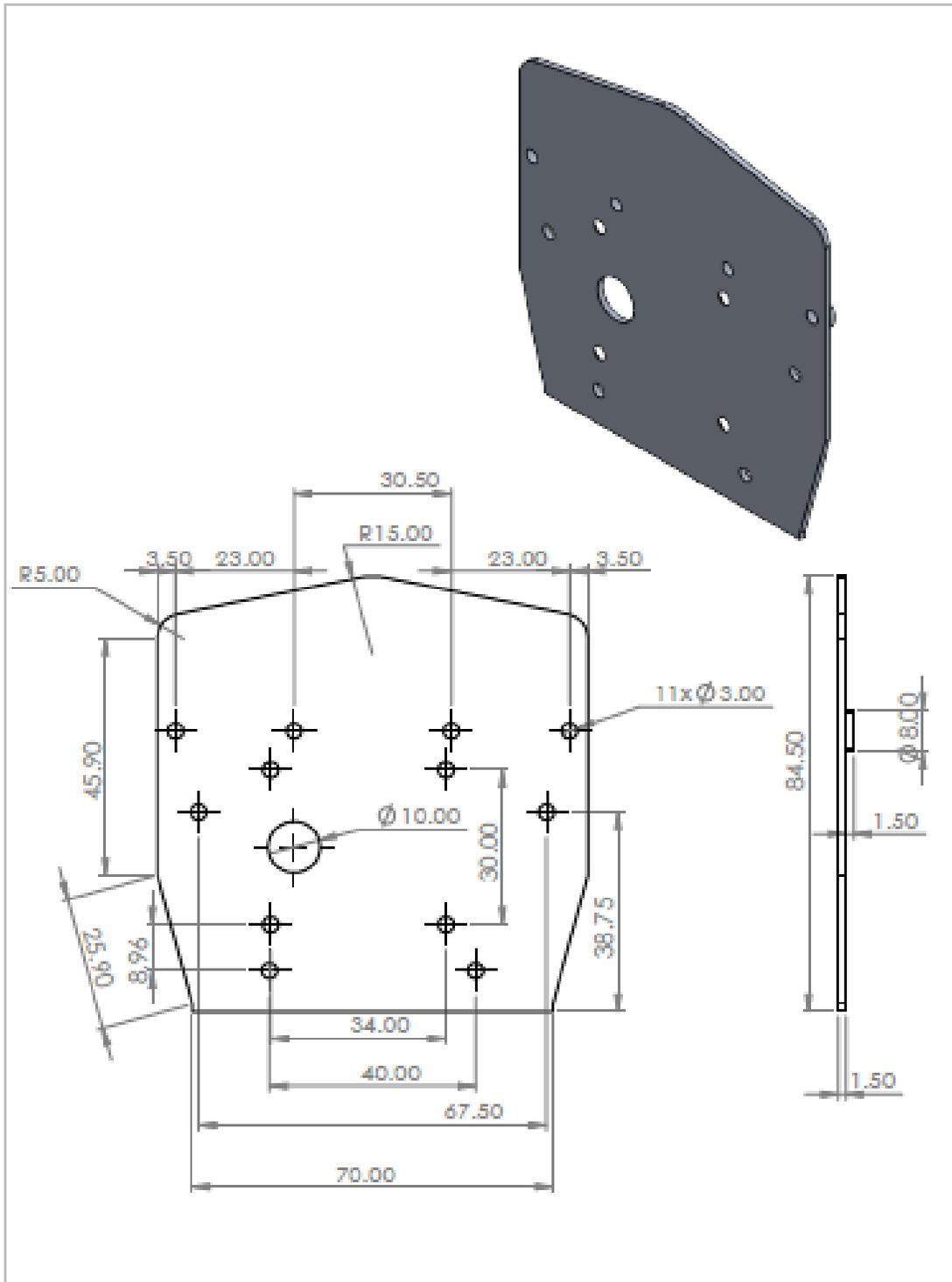
HOJA  
1/1  
A4



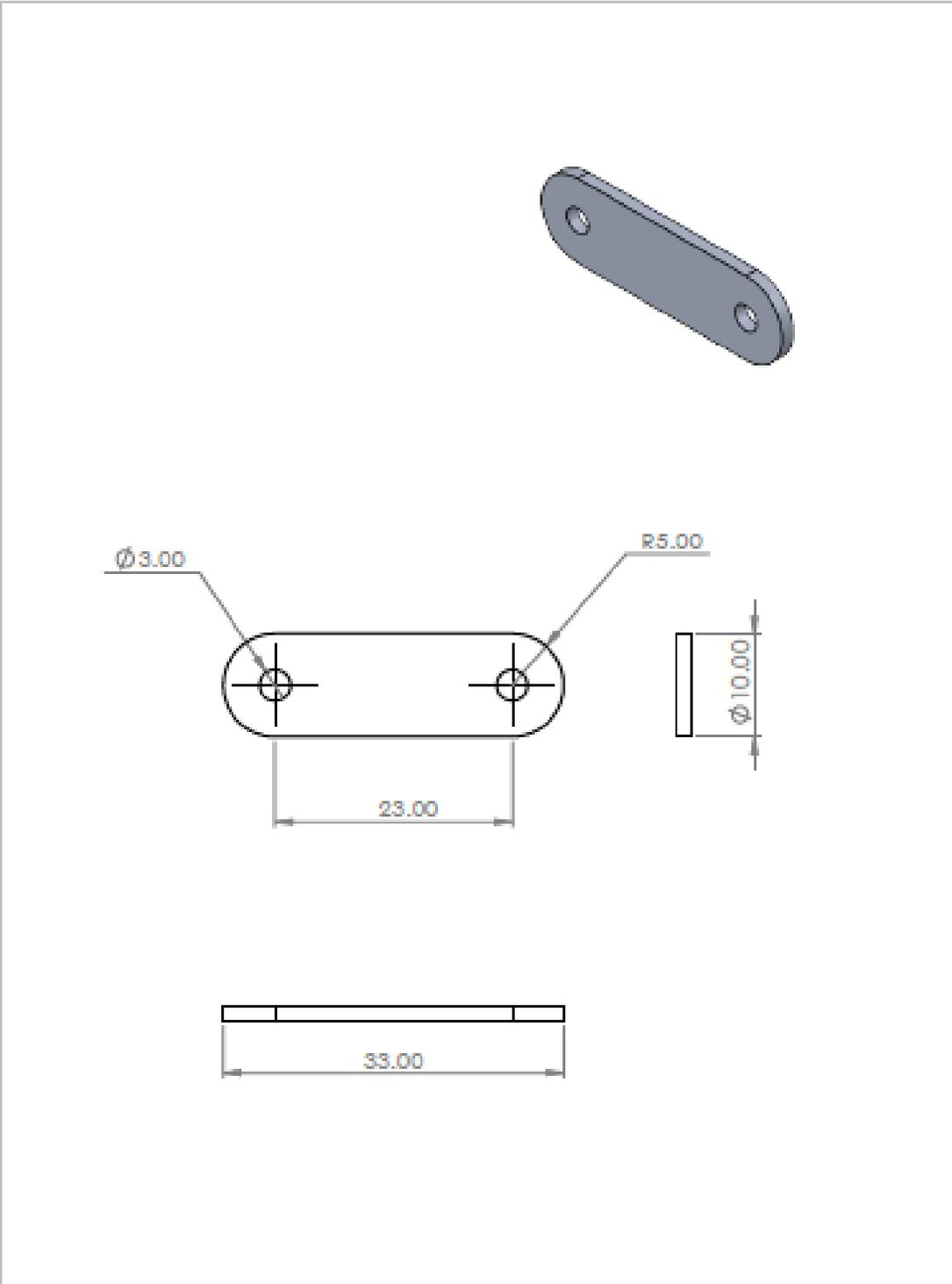
		PROYECTO: GRIPPER UTM				<b>ESCALA</b> 1:1 
		CONJUNTO: Montaña derecha				
		CÓDIGO: UTM-2022-00-05				
		MATERIAL:	ALUMINIO 1240	DISEÑO:	LECHÓN S.	01/03/2022
		TRATAMIENTO:	NINGUNO	DIBUJÓ:	LECHÓN S.	01/03/2022
		RECUBRIMIENTO:	NINGUNO	REVISÓ:	LECHÓN S.	01/03/2022
		CANTIDAD:	NINGUNO	APROBÓ:	LECHÓN S.	01/03/2022
<b>FICA</b>	<b>CIME</b>					<b>HOJA</b> 1/1 A4



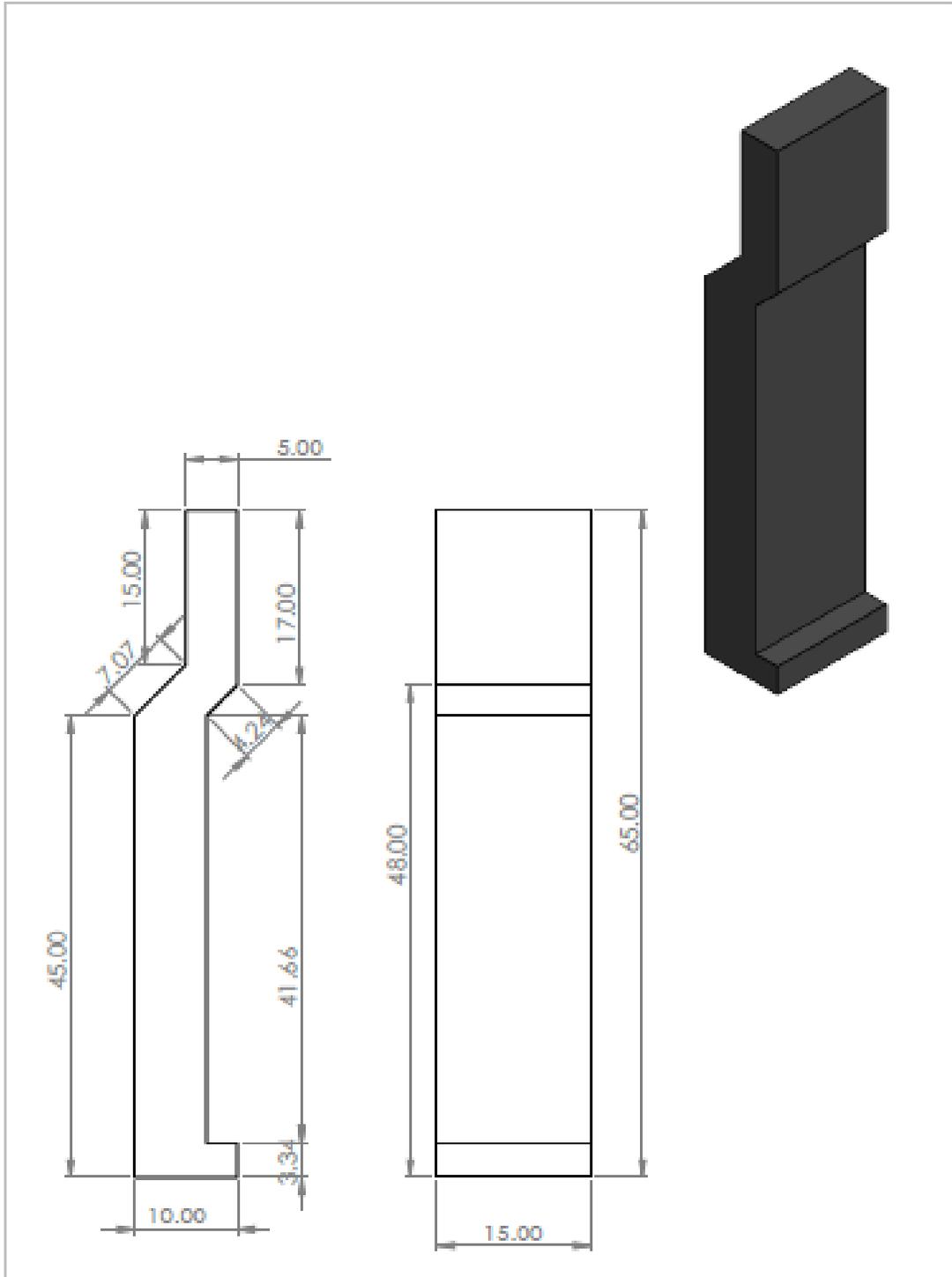
	<b>PROYECTO:</b> GRIPPER LTH				<b>ESCALA:</b> 1:1 
	<b>CONJUNTO:</b> Montaña Izquierda				
	<b>CÓDIGO:</b> LTH-2023-00-06				
<b>FICA</b>	<b>CIME</b>	<b>MATERIAL:</b> ALUMINO 1560	<b>DISEÑO:</b> LECHÓN S.	01/02/2023	<b>HOJA</b> 1/1 A4
		<b>TRATAMIENTO:</b> NINGUNO	<b>DESUÑO:</b> LECHÓN S.	01/02/2023	
		<b>RECUBRIMIENTO:</b> NINGUNO	<b>REVISÓ:</b> LECHÓN S.	01/02/2023	
		<b>CANTIDAD:</b> NINGUNO	<b>APROBÓ:</b> LECHÓN S.	01/02/2023	



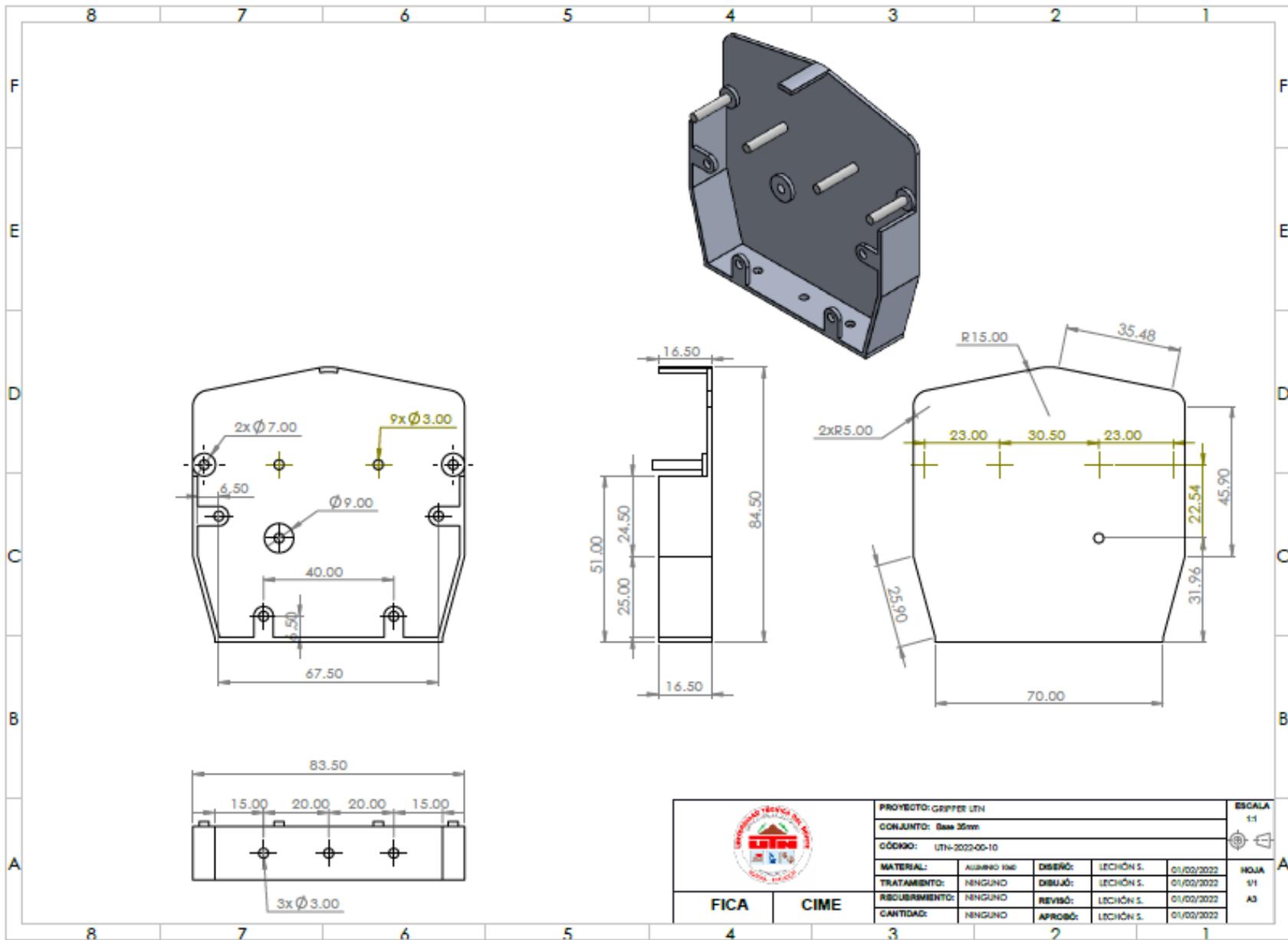
	PROYECTO: GRIPPER UTA				ESCALA: 1:1		
	CONJUNTO: Tapa superior 35mm						
	CÓDIGO: UTA-2023-00-07						
	MATERIAL:	ALUMINIO 1040	DISEÑO:	LECHÓN S.		01/02/2023	
TRATAMIENTO:	NINGUNO	DEBUDO:	LECHÓN S.	01/02/2023	HOJA 1/1		
FICA	CIME	RECURRIMIENTO:	NINGUNO	REVISÓ:	LECHÓN S.	01/02/2023	AA
		CANTIDAD:	NINGUNO	APROBÓ:	LECHÓN S.	01/02/2023	

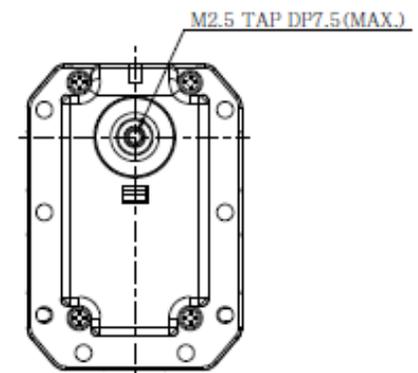
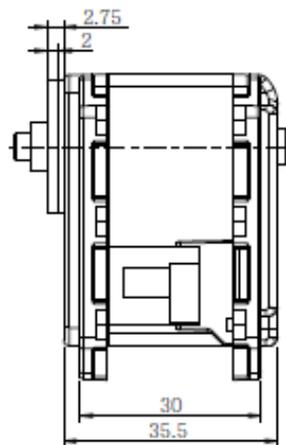
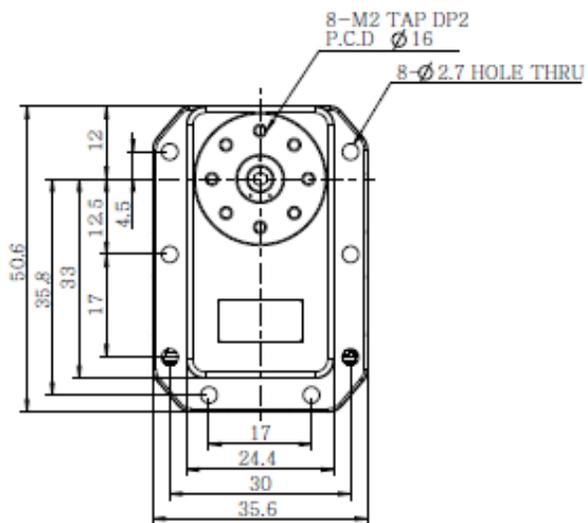
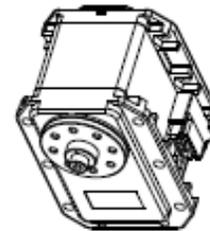
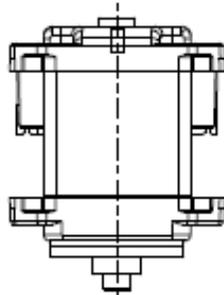


	<b>PROYECTO:</b> GRIPPER UTM				<b>ESCALA</b> 2:1 
	<b>CONJUNTO:</b> Tapa interna mordaza				
	<b>CÓDIGO:</b> UTM-2022-00-05				<b>HOJA</b> 1/1 AM
	<b>MATERIAL:</b>	ALUMINIO 1060	<b>DISEÑO:</b>	LECHÓN S.	
<b>TRATAMIENTO:</b>	NINGUNO	<b>DIBUJÓ:</b>	LECHÓN S.	01/02/2022	
<b>RECUBRIMIENTO:</b>	NINGUNO	<b>REVISÓ:</b>	LECHÓN S.	01/02/2022	
<b>CANTIDAD:</b>	NINGUNO	<b>APROBÓ:</b>	LECHÓN S.	01/02/2022	
<b>FICA</b>	<b>CIME</b>				



	PROYECTO: GRIPPER UTM					ESCALA
	CONJUNTO: Casco de la mordaza					2:1
	CÓDIGO: UTM-2022-00-09					
	MATERIAL:	ELASTÓMERO	DISEÑO:	LECHÓN S.	01/02/2022	
TRATAMIENTO:	NINGUNO	DIBUJÓ:	LECHÓN S.	01/02/2022	HOJA	
RECUBRIMIENTO:	NINGUNO	REVISÓ:	LECHÓN S.	01/02/2022	1/1	
CANTIDAD:	NINGUNO	APROBÓ:	LECHÓN S.	01/02/2022	A4	





(FOR REFERENCE ONLY)

Part	RX-28M	Material	Scale	Unit	Sheet	ROBOTS
Rev	04/18/2011		NONSCALE	mm	1 of 3	A4

