



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
**SEDE CUENCA**  
**CARRERA DE MECATRÓNICA**

**DISEÑO DE UNA CORTADORA AUTOMÁTICA PARA LA  
PRODUCCIÓN SEMI-INDUSTRIAL DE LADRILLOS**

Trabajo de titulación previo a la obtención  
del título de Ingeniero en Mecatrónica

AUTORES: AUGUSTO ISRAEL SINCHI SAMANIEGO  
JUAN JOSÉ ZAMBRANO VALDEZ

TUTOR: ING. MARLON XAVIER QUINDE ABRIL. MGTR

Cuenca – Ecuador

2025

# CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Augusto Israel Sinchi Samaniego con documento de identificación N° 0151296126 y Juan José Zambrano Valdez con documento de identificación N° 0150325629; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Cuenca, 31 de julio del 2025

Atentamente,



---

Augusto Israel Sinchi Samaniego  
0151296126



---

Juan José Zambrano Valdez  
0150325629

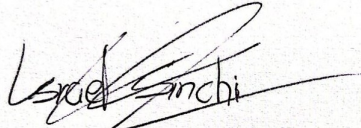
# **CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, Augusto Israel Sinchi Samaniego con documento de identificación N° 0151296126 y Juan José Zambrano Valdez con documento de identificación N° 0150325629, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores de la Propuesta Tecnológica: Diseño de una cortadora automática para la producción semi-industrial de ladrillos, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero en Mecatrónica, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 31 de julio del 2025

Atentamente,



---

Augusto Israel Sinchi Samaniego  
0151296126



---

Juan José Zambrano Valdez  
0150325629

# **CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, Marlon Xavier Quinde Abril con documento de identificación N° 0104627658, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO DE UNA CORTADORA AUTOMÁTICA PARA LA PRODUCCIÓN SEMI-INDUSTRIAL DE LADRILLOS, realizado por Augusto Israel Sinchi Samaniego con documento de identificación N° 0151296126 y Juan José Zambrano Valdez con documento de identificación N° 0150325629, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Propuesta Tecnológica que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 31 de julio del 2025

Atentamente,

A handwritten signature in black ink, enclosed within a hand-drawn oval. The signature is stylized and appears to read 'M. X. Q. A.'.

---

Marlon Xavier Quinde Abril  
0104627658

# Dedicatoria

## *Augusto Israel Sinchi Samaniego*

Este trabajo va dedicado a mis padres quienes han hecho lo posible para que haya podido iniciar este proceso de educación y han estado apoyándome durante todo este periodo de tiempo hasta llegar a esta etapa final. Espero que de alguna manera esto recompense aunque sea una parte del esfuerzo de su trabajo empleado en mi preparación profesional.

## *Juan José Zambrano Valdez*

Este trabajo va dedicado a mis padres quienes fueron los principales ejes de que esté presentando este proyecto de titulación, a mis hermanos quienes son mis mentores y en quienes siempre pido ayuda en momentos de duda y dificultades. Espero que puedan sentirse orgullosos y que esto sea una manera de recompensar todo lo que han hecho por mi en toda mi vida dentro y fuera de las aulas.

# Agradecimientos

## *Augusto Israel Sinchi Samaniego*

Quiero agradecer a mis padres, a mi hermana que se encuentra en el extranjero, a mis hermanos quienes han sido los principales pilares para poder culminar esta etapa y han sido siempre mi motivación constante. A mi primo, quien ha estado de alguna manera siempre ahí presente ayudándome a realizar proyectos y apoyándome en estos 4 años de preparación.

Agradecer a los docentes de la carrera quienes han compartido su experiencia y conocimiento, y me han ayudado cuando tenía dudas en temas como programación, diseño mecánico, álgebra, entre otros.

También agradezco a mi tutor en este trabajo final, quien con su conocimiento y paciencia, ha sido una guía para que este trabajo se culmine de la mejor manera. Por último y no menos importante, a mis compañeros de la carrera, por su constancia y compromiso para realizar cada tarea con dedicación y responsabilidad.

## *Juan José Zambrano Valdez*

Quiero agradecer a mis padres quienes siempre estuvieron apoyándome de todas las maneras posibles durante todo este tiempo de universidad. Fueron el pilar fundamental en todo ese tiempo para no rendirme, nunca me dejaron solo y sin dudas son la razón principal para estar el día de hoy presentando mi proyecto de titulación, hubo muchos momentos donde quise rendirme, pero ellos no dejaron que lo haga y en vez de darme sermones sobre porque debo de seguir, hicieron algo mucho más importante, acompañarme y demostrarme porque estoy haciendo todo esto. Gracias a ellos pude darme cuenta de que todo mi camino por la universidad no era una obligación que tenía, sino un logro que quería cumplir para que las personas más importantes de mi vida se sientan orgullosos de mí. A mis hermanos quienes fueron mis consejeros para no desviarme y siempre seguir por el buen camino. A mis amigos con quienes pasé una de las mejores etapas de mi vida. A Luke Zambrano, quien estuvo día y noche junto a mí sin despegarse un minuto y quien con su alegría y su carisma hizo las noches de desvelo mucho más fácil. Finalmente quiero agradecer a mi tutor de tesis, quien siempre estuvo para ayudarnos y guiarnos en todo este proceso y quien fue el pilar fundamental para sacar este proyecto adelante.

Este documento fue realizado enteramente en L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X

# Índice

<b>Certificado de responsabilidad y autoría del trabajo de titulación</b>	<b>I</b>
<b>Certificado de cesión de derechos de autor del trabajo de titulación a la Universidad Politécnica Salesiana</b>	<b>II</b>
<b>Certificado de dirección del trabajo de titulación</b>	<b>III</b>
<b>Dedicatoria</b>	<b>IV</b>
<b>Agradecimientos</b>	<b>V</b>
<b>Resumen</b>	<b>XIII</b>
<b>Abstract</b>	<b>XIV</b>
<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
<b>2. Problema</b>	<b>2</b>
2.1. Descripción del problema . . . . .	2
2.2. Antecedentes . . . . .	2
2.3. Importancia y alcances . . . . .	4
2.4. Delimitación . . . . .	5
2.4.1. Espacial o geográfica . . . . .	5
2.4.2. Temporal . . . . .	6
2.4.3. Sectorial o institucional . . . . .	6
<b>3. Objetivos</b>	<b>6</b>
3.1. Objetivo general . . . . .	6
3.2. Objetivos Específicos . . . . .	6
<b>4. Marco Teórico</b>	<b>7</b>
4.1. Fundamentos de la Automatización industrial . . . . .	8
4.2. Proceso actual del ladrillo . . . . .	8
4.3. Tecnologías aplicadas en el corte automatizado de ladrillos . . . . .	11

<b>5. Marco metodológico</b>	<b>11</b>
5.1. Determinación de los parámetros requeridos para el diseño de la cortadora automática de ladrillos . . . . .	11
5.1.1. Condiciones laborales y percepción de los operarios . . . . .	11
5.1.2. Evaluación del proceso actual de producción . . . . .	12
5.1.3. Tipos de ladrillos . . . . .	14
5.1.4. Análisis del espacio de trabajo de la cortadora . . . . .	15
5.2. Diseño mecánico de la cortadora automática para la producción semi-insutrial de ladrillos en la parroquia Sinincay . . . . .	17
5.2.1. Establecer las dimensiones de la cortadora actual . . . . .	17
5.2.2. Modificaciones Implementadas en el Diseño de la Cortadora Automática en Comparación con el Modelo Manual . . . . .	19
5.2.3. Modelo 3D de la cortadora . . . . .	23
5.2.4. Cálculos del motor paso a paso . . . . .	32
5.2.5. Calculo motor 1 . . . . .	32
5.2.6. Cálculos motor 2(Corte) . . . . .	35
5.2.7. Cálculos motor 3 . . . . .	38
5.2.8. Fuelles de protección . . . . .	41
5.2.9. Capacidad de carga Bloque HG20 . . . . .	42
5.2.10. Rodamiento . . . . .	42
5.2.11. Soldadura . . . . .	43
5.2.12. Modelo final del sistema mecánico . . . . .	43
5.3. Sistema de control . . . . .	44
5.3.1. Identificar las variables de control . . . . .	44
5.3.2. Sistema de automatización . . . . .	46
5.3.3. Sensores y actuadores . . . . .	46
5.3.4. Diseño del sistema de control . . . . .	47
5.3.5. Estación de control . . . . .	50
5.3.6. Monitoreo y control . . . . .	52
5.3.7. Seguridad Eléctrica y Sistema de Alimentación . . . . .	59
5.3.8. Tipo de conductor . . . . .	60
5.3.9. Calibre . . . . .	61
5.3.10. Conductores de alimentación . . . . .	61
5.3.11. Conductores de señales . . . . .	63
5.4. Análisis del costo de la cortadora . . . . .	65

5.4.1. Costos en el mercado . . . . .	65
<b>6. Resultados</b>	<b>67</b>
6.1. Simulación de esfuerzos . . . . .	67
6.1.1. Cálculo realizado para obtener la masa del Carro Transversal . . . . .	67
6.1.2. Datos de los materiales . . . . .	70
6.1.3. Simulación de esfuerzos - Base . . . . .	72
6.1.4. Simulación de esfuerzos - Carro longitudinal . . . . .	75
6.1.5. Simulación de esfuerzos - Carro transversal . . . . .	76
6.1.6. Simulación de esfuerzos - Bandeja de rodillos fijos . . . . .	78
6.1.7. Simulación de esfuerzos - Rodillos transportadores . . . . .	80
6.1.8. Resultado Motores-Características . . . . .	81
6.2. Diseño de control . . . . .	82
6.2.1. Código principal para el control de la cortadora . . . . .	83
6.2.2. Características conductores . . . . .	84
6.3. Capacidad de la maquina . . . . .	85
6.4. Costo aproximado de la cortadora . . . . .	87
6.4.1. Costos de acuerdo a los elementos . . . . .	87
<b>7. Cronograma</b>	<b>90</b>
<b>8. Conclusiones</b>	<b>91</b>
<b>9. Recomendaciones</b>	<b>92</b>
<b>Referencias</b>	<b>94</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>95</b>

# Lista de Tablas

- 1. Industrias Manufactureras. . . . . 3
- 2. Calibres de conductores. . . . . 61
- 3. Lista de componentes y precios estimados para la fabricación. . . . . 66
- 4. Lista de componentes y precios estimados. . . . . 67
- 5. Datos técnicos para la simulación de esfuerzos . . . . . 70
- 6. Datos del Acero dulce . . . . . 71
- 7. Datos del Acero AISI 52100/GCr15 . . . . . 71
- 8. Especificaciones motores . . . . . 82
- 9. Definición de características del conductor de alimentación y señal. . . . . 84
- 10. Lista de componentes y precios estimados. . . . . 88
- 11. Lista de componentes y precios estimados para la fabricación. . . . . 89
- 12. Cronograma de actividades. . . . . 90

## Lista de Figuras

1.	Ubicación geográfica del cantón Cuenca. . . . .	5
2.	Cortadora manual de ladrillo en funcionamiento de la fabrica Arcillas 2000 .	10
3.	Descripción gráfica de las partes que forman la cortadora manual. . . . .	13
4.	Tipos de ladrillo que se producen en Cuenca. . . . .	15
5.	Espacio de trabajo. . . . .	16
6.	Flexómetro digital de medición láser Bosh. . . . .	17
7.	Calibrador KAMASA. . . . .	18
8.	Báscula mecánica colgante Truper. . . . .	18
9.	Carro transversal. . . . .	20
10.	Sujeción y templado del alambre de corte. . . . .	21
11.	Sistema para establecer la longitud del ladrillo, maquina manual. . . . .	22
12.	Sistema para establecer la longitud del ladrillo, propuesto. . . . .	23
13.	Estructura del Carro longitudinal. . . . .	24
14.	Base de la cortadora. . . . .	26
15.	Rodillo transportador. . . . .	27
16.	Rodillo motriz. . . . .	28
17.	Rodillo conducido. . . . .	29
18.	Rodillo lateral. . . . .	30
19.	Ejes auxiliares con rodamientos tipo DIN608. . . . .	31
20.	Elemento de nivelación de la cortadora automática . . . . .	32
21.	Cargas para el M1. . . . .	33
22.	Fuelle de protección - Husilo de bolas. . . . .	41
23.	Datos técnicos-Bloque HG20. . . . .	42
24.	Diseño mecánico de la cortadora. . . . .	44
25.	Diagrama de flujo parte 1. . . . .	49
26.	Diagrama de flujo parte 2. . . . .	50
27.	Botones principales en la interfaz de Node-RED . . . . .	53
28.	Sección de control en la interfaz realizada en Node-RED . . . . .	54
29.	Archivo HTML generado desde Node-RED. . . . .	55
30.	Sección de Informes en Noder-RED. . . . .	56
31.	Sección de Informes/Historial en Node-RED. . . . .	57
32.	Sección de indicadores del estado la maquina. . . . .	58
33.	Calculo calibre del conductor de alimentación. . . . .	62

34.	Cálculo del calibre del conductor de señal. . . . .	64
35.	Sección del perfil cuadrado . . . . .	68
36.	Peso obtenido del Carro transversal. . . . .	69
37.	Simulación de esfuerzos. . . . .	72
38.	Simulación de esfuerzos. . . . .	73
39.	Simulación de esfuerzos. . . . .	75
40.	Simulación de esfuerzos estático. . . . .	76
41.	Simulación de esfuerzos. . . . .	77
42.	Simulación de esfuerzos. . . . .	78
43.	Simulación de esfuerzos. . . . .	79
44.	Simulación de esfuerzos. . . . .	80
45.	Simulación de esfuerzos. . . . .	81
46.	Relación Torque-Velocidad, Motor Nema 23. . . . .	82

## Resumen

**E**l trabajo de titulación desarrollado presenta el diseño de un sistema de corte automatizado para la producción de ladrillos, con el objetivo de mejorar la eficiencia del proceso de fabricación y reducir los tiempos de producción. Actualmente, el corte de ladrillos crudos en muchas de las fabricas que realizan este producto. se realiza de manera manual, lo que genera problemas como irregularidades en las dimensiones, mayor desperdicio de material y una baja productividad.

El proyecto se enfoco en diseñar un mecanismo de corte preciso y confiable, accionando mediante un sistema electromecánico controlado por un microcontrolador. Se realizó un análisis de los requerimientos del proceso selección de materiales, cálculos mecánicos(esfuerzos, torque, potencia), diseño CAD y simulaciones de funcionamiento para validar el desempeño del sistema. También se consideraron aspectos de seguridad y mantenimiento. El diseño propuesto permitió automatizar el proceso de corte, logrando una mayor repetitividad, presición en las dimensiones de los ladrillos y una disminución significativa en el tiempo de corte. Además, se estimo un aumento de la producción diaria sin comprometer la calidad del producto final.

Como conclusión, la cortadora automática diseñada representa una alternativa viable y económica para pequeños y medianos productores de ladrillos, facilitando la modernización de sus proceso sin requerir grades inversiones. Este trabajo contribuye al desarrollo tecnológico del sector artesanal y sienta las bases para futuras mejoras o automatizaciones mas avanzadas.

**Palabras clave:** Diseño mecánico, Automatización industrial, Corte de ladrillos, Sistema electromecánico, Producción artesanal.

## Abstract

The thesis project presents the design of an automated cutting system for brick production, with the aim of improving manufacturing efficiency and reducing production times. Currently, the cutting of raw bricks in many factories that manufacture this product is done manually, which causes problems such as irregularities in dimensions, increased material waste, and low productivity.

The project focused on designing a precise and reliable cutting mechanism, operated by an electromechanical system controlled by a microcontroller. An analysis of the process requirements was carried out, including material selection, mechanical calculations (forces, torque, power), CAD design, and operational simulations to validate the system's performance. Safety and maintenance aspects were also considered.

The proposed design allowed for the automation of the cutting process, achieving greater repeatability, precision in the dimensions of the bricks, and a significant reduction in cutting time. In addition, an increase in daily production was estimated without compromising the quality of the final product.

In conclusion, the automatic cutting machine designed represents a viable and economical alternative for small and medium-sized brick producers, facilitating the modernization of their processes without requiring large investments. This work contributes to the technological development of the artisanal sector and lays the foundation for future improvements or more advanced automation.

**Keywords:** Mechanic Design, Industrial automatization, Brick cutting, Electromechanic system, Handcrafted production.

# 1. Introducción

**E**n La fabricación semi-industrial de ladrillos en Ecuador continúa siendo una actividad fundamental en el desarrollo del sector de la construcción, especialmente en zonas rurales y periféricas donde aún predominan métodos tradicionales. A pesar de los avances tecnológicos aplicados a otras etapas del proceso, el corte del ladrillo de arcilla húmeda posterior a su extrusión se realiza de manera manual en muchas fábricas, lo que representa un cuello de botella en la línea de producción. Esta tarea, aparentemente simple, requiere de un monitoreo constante por parte del operario y un esfuerzo físico considerable para mantener la precisión en el corte, lo cual no solo limita la eficiencia del proceso, sino que también incrementa los márgenes de error y el desperdicio de material. El proceso manual, al depender en gran medida del desempeño humano, implica tiempos prolongados de corte, fatiga en los trabajadores y una mayor variabilidad en las dimensiones de los ladrillos. Además, la necesidad de contar con varios operarios para cumplir con la demanda de producción incrementa los costos operativos, afectando directamente la competitividad de las pequeñas y medianas fábricas.

En el caso particular de la parroquia Sininicay, perteneciente al cantón Cuenca, existen pequeñas fábricas como Arcillas 2000 que aún utilizan sistemas de corte completamente manuales. Estas plantas, a pesar de contar con maquinaria para la extrusión, dependen de operarios que deben nivelar, medir y accionar manualmente el corte del ladrillo crudo. Esta situación no solo prolonga el proceso, sino que también genera inconsistencias en el producto final y limita la capacidad de producción frente a una creciente demanda.

Con el fin de responder a estas limitaciones, el presente proyecto plantea el diseño e implementación de una cortadora automática para la producción semi-industrial de ladrillos, que permita sustituir la labor manual por un sistema más ágil, preciso y seguro. Este mecanismo estará basado en modelos actuales de maquinaria, adaptados a la realidad productiva local, y buscará optimizar el tiempo de corte, reducir la necesidad de intervención humana y asegurar la estandarización del producto final. El objetivo principal de esta propuesta es obtener un diseño con todos los parámetros necesarios para mejorar el rendimiento del proceso de corte en las plantas de ladrillos mediante la automatización parcial del sistema, lo cual permitirá aumentar la capacidad de producción sin comprometer la calidad del ladrillo.

## **2. Problema**

### **2.1. Descripción del problema**

La industria de la fabricación de ladrillos que se desarrolla en los sectores rurales de la parroquia Sinincay de la ciudad de Cuenca enfrenta el desafío de la producción al no contar con sistemas automatizados, lo que dificulta su competitividad frente a grandes fábricas industrializadas. Con el tiempo, el uso de máquinas con tornillo sin fin ha facilitado el moldeado del ladrillo por extrusión; sin embargo, el proceso de corte posterior a la extrusión se realiza de forma manual, lo cual no solo genera un cuello de botella en esta etapa, alargando los tiempos de producción, sino que también introduce variabilidad en la calidad del producto debido al error humano. La falta de precisión en el corte manual puede ocasionar inconsistencias en las dimensiones de los ladrillos, afectando la estandarización y generando desperdicio de material. Este proceso, al no ser autónomo, reduce notablemente la capacidad de respuesta y limita el rendimiento en estas fábricas, impactando tanto en la eficiencia como en la capacidad de cubrir la demanda exigida por los clientes.

### **2.2. Antecedentes**

En la actualidad, la producción de ladrillo artesanal en Ecuador es una actividad significativa, especialmente en las zonas rurales de provincias como Azuay, Chimborazo y Pichincha. Una de las actividades económicas pertenecientes al sector de la manufactura y un eslabón clave para el sector de la construcción es la producción de ladrillo. (Guamán, 2019) De acuerdo a la Clasificación Industrial Internacional Uniforme (CIIU) que proporciona el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) (2020), permite identificar la producción de ladrillo perteneciente al apartado C de Industria manufacturera y los códigos relacionados a esta actividad son C2391- C2392 como se muestra en la Tabla 1 .

**Tabla 1***Industrias Manufactureras.*

C	Descripción
C2391	Fabricación de productos refractarios.
C2391.0	Fabricación de productos de cerámica refractarios
C2392	Fabricación de materiales de construcción de arcilla.

**Nota:** Se puede observar las descripciones correspondientes a cada código relacionado a los productos realizados con arcilla. Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) (2020).

A pesar de la relevancia de la producción artesanal de ladrillos en el Ecuador, especialmente en zonas rurales, esta actividad enfrenta diversos desafíos para mantenerse competitiva. La clasificación proporcionada por la CIIU, desarrollada por el INEC, permite reconocer a la industria de fabricación de ladrillos como parte de la manufactura (C2391-C2392), destacando su papel en la economía. Sin embargo, para satisfacer la creciente demanda y asegurar una calidad constante, la tecnología actual de corte manual en las fábricas de ladrillo resulta insuficiente, lo cual señala la necesidad de innovación en el proceso.

Uno de los desafíos que enfrenta el proceso de producción de ladrillos artesanales aparte de las limitaciones en los cortes es la organización y la manipulación de las piezas. Donde, una vez realizado el corte, se necesita recoger y colocar cada una de las partes cortadas en bandejas específicas, lo que incrementa tanto la carga del trabajo como el tiempo por cada uno de los operarios. Una solución efectiva para la falta del personal capacitado es la implementación de una máquina completamente automatizada en esta etapa del proceso. Permitiendo que cada uno de los operarios puedan enfocarse en tareas específicas como la colocación de las piezas en las bandejas correspondientes, optimizando el tiempo de trabajo de cada operario. (Alarcón y cols., 2018).

"La etapa de corte en la producción de ladrillos es fundamental, ya que define las dimensiones finales del producto y determina tanto la cantidad de materiales utilizados como la pérdida generada en el proceso. Este paso debe asegurar la calidad del producto, pues influye directamente en los costos de producción al incorporar gastos de agregados, energía, mano de obra y tiempo. Un corte inadecuado se traduce en pérdidas directas y aumenta el desperdicio en el proceso productivo. Por ello, un corte eficiente es esencial para mejorar la productividad, lograr un acabado de calidad y mantener la continuidad en la producción. Esto no solo opti-

miza los costos, sino que también reduce los tiempos de entrega a los clientes"(Cunyas Arias, 2018).

### **2.3. Importancia y alcances**

Para este trabajo de titulación, es importante enfrentar el desafío que se vive en el sector artesanal de la producción de ladrillos, donde nos centraremos principalmente en el proceso de corte, donde actualmente este proceso se realiza manualmente. En la fabrica 'Arcillas 2000' al igual que otras empresas de la parroquia Sinincay, no cuentan con sistemas automatizados para este proceso, lo que suelen limitar la capacidad de cubrir la alta demanda de ladrillos y con tiempos prolongados de producción. En los últimos años, la fabricación manual de ladrillos no abastece a la cantidad que requieren las constructoras que adquieren este producto, haciendo que se generen problemas de retraso con estas constructoras y afectando directamente a las micro empresas del mercado (Torrez Quispe y colaboradores, 2022).

- El desarrollo de este sistema automatizado de corte esta diseñado para cubrir esas necesidades, con el objetivo de agilizar los tiempos de producción y reducir los costos asociados al personal que realiza este trabajo. Además, el sistema de control y el diseño mecánico incorporado permitirá ajustar la cortadora para adaptarse a diferentes longitudes de ladrillos estandarizados, proporcionando flexibilidad para el cambio del tipo de ladrillo deseado. Este avance permitirá a las fábricas locales optimizar su producción, asegurando un proceso eficiente y adaptado a los requerimientos del mercado.
- Este proyecto es una oportunidad para modernizar el sector artesanal incorporando la tecnología en la producción de ladrillos para poder impulsar un cambio estructural mejorando tanto la competitividad como el desarrollo económico en el País. De acuerdo con informes sobre el sector artesanal en Ecuador, la prioridad en este sector es mejorar la productividad y la eficiencia para poder responder la actual demanda (Ferro, 2017). Con el alcance definido en esta investigación, el proyecto se enfocará en el diseño del sistema automatizado de corte para futuras mejoras en la industria ladrillera artesanal de la región.
- De esta manera, la automatización de este proceso no solo responde a una necesidad puntual de la fábrica 'Arcillas 2000', sino que establece un modelo replicable en otras fábricas de ladrillo, beneficiando a la economía local y a todos los involucrados en la cadena productiva del sector artesanal.

## 2.4. Delimitación

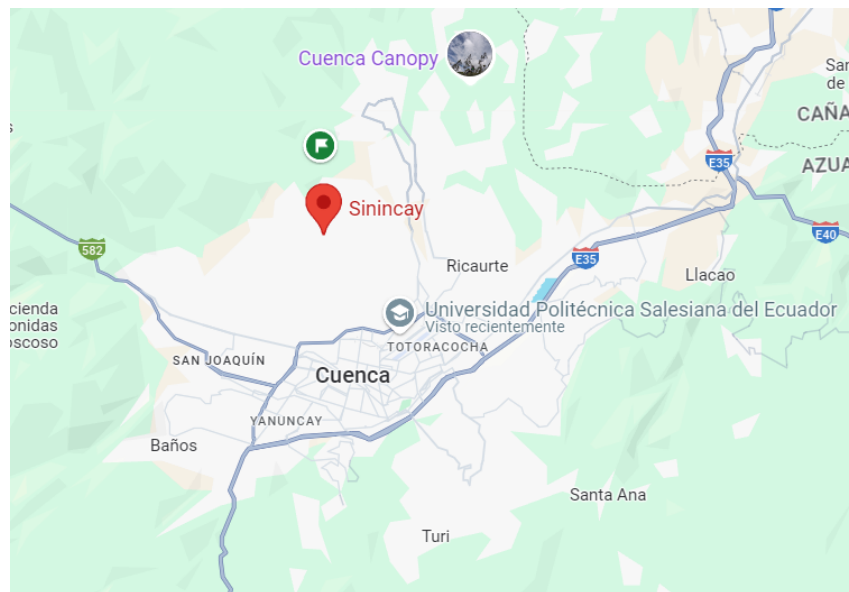
El problema de estudio se delimitará en las siguientes dimensiones:

### 2.4.1. Espacial o geográfica

El trabajo de titulación se realizara en la Provincia del Azuay, cantón Cuenca. El proyecto consiste en el diseño de una cortadora automática para la fabricación de ladrillos, este diseño es realizado para la fabrica Arcillas 2000 ubicada en el cantón Cuenca como se muestra en la Figura 1. El proyecto se llevara a cabo exclusivamente para esta fabrica de ladrillos pero se puede considerar adaptaciones para permitir la implementación en algunas fabricas de los sectores alrededor. El sistema diseñado sera especifico para el cortado de ladrillos obtenidos por extrusión y se limitara a ser utilizado en esta área en especifico.

### Figura 1

*Ubicación geográfica del cantón Cuenca.*



**Nota:** Se puede observar la ubicación de la parroquia Sinincay perteneciente al cantón Cuenca, de acuerdo con Maps (2024).

### **2.4.2. Temporal**

El periodo para el desarrollo de investigación y desarrollo del proyecto corresponde a 240 horas.

### **2.4.3. Sectorial o institucional**

El presente proyecto de tesis, titulado Diseño de una cortadora automática para la producción semi-industrial de ladrillo, se enmarca en el ámbito de la Fabricación de productos refractarios, conforme a la clasificación establecida por el (Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), 2020).

Según la Clasificación Industrial Internacional Uniforme (CIIU), el proyecto corresponde a las siguientes categorías:

C2391.0 - Fabricación de productos de cerámica refractarios: Este código incluye la producción de materiales cerámicos diseñados para resistir altas temperaturas, una característica inherente a los ladrillos refractarios empleados en diversas industrias. C2392 - Fabricación de materiales de construcción de arcilla: Aquí se agrupan las actividades relacionadas con la producción de ladrillos, tejas y otros materiales elaborados con arcilla, lo que abarca directamente el objeto de este proyecto.

## **3. Objetivos**

### **3.1. Objetivo general**

- Diseñar una cortadora automática para la producción semi-industrial de ladrillo en el sector de Sinincay.

### **3.2. Objetivos Específicos**

- Establecer los parámetros requeridos para el diseño de una cortadora automática para la producción semi-industrial de ladrillos en la parroquia Sinincay.
- Realizar el diseño mecánico de una cortadora automática para la producción semi-industrial de ladrillos en la parroquia Sinincay.
- Diseñar el sistema de control eléctrico y electrónico del sistema de corte automatizado para la producción semi-industrial de ladrillos en la parroquia Sinincay.

- Establecer un monto aproximado del costo de la fabricación de la cortadora automática de ladrillo para la producción semi-industrial de ladrillos en la parroquia Sinincay.

## 4. Marco Teórico

La automatización en la industria de la construcción es un factor fundamental para incrementar la productividad y precisión en la fabricación de materiales. En el ámbito de la fabricación de ladrillos, se han implementado avances significativos que permiten integrar sistemas automáticos en etapas clave del proceso, como la extrusión y el corte. La tecnología de extrusión mediante tornillos sin fin es comúnmente empleada para producir ladrillos de forma continua, en la que la arcilla es modelada en una tira que debe ser posteriormente cortada en piezas individuales.

En la tesis titulada "Diseño de una cortadora electro-neumática de ladrillo cerámico para aumentar la producción en la línea de formado de la empresa Cerámicos Pakamuros E.I.R.L. – Jaén" Vargas Fustamante (2023), se plantea como objetivo principal incrementar la producción en la línea de formado de la mencionada empresa ladrillera. Para ello, se propone la implementación de una cortadora electro-neumática controlada por el sistema Logo V8 de Siemens. La cortadora diseñada tiene una capacidad para producir 33 toneladas de material, destacándose por su rapidez, ya que puede realizar hasta 17 cortes por minuto. Además, se llevó a cabo un análisis sobre la duración del alambre de corte, tomando en cuenta los efectos de la fatiga que causan la rotura de este, lo cual retrasa el proceso de corte. A partir de este estudio, se concluyó que la producción de ladrillos mejoró en un 6,70% en comparación con el rendimiento previo de la línea de formado.

El trabajo titulado "Diseño de una máquina que realice el proceso de corte y perforado en la elaboración de tejas tipo Caribe automáticamente", realizado por Marmolejo Tejada y Zuluaga Bolívar (2007), tiene como objetivo desarrollar una cortadora automática para los procesos de corte y perforado en la fabricación de tejas tipo Caribe. Para el control de la máquina, optaron por el microcontrolador PIC16F877, lo que aportó flexibilidad al diseño. La implementación de este microcontrolador permitió optimizar el sistema de control y mejorar la precisión y confiabilidad del proceso de corte y perforado. Además, se incorporó transistores en configuración de interruptor (switch), junto con los cálculos de respaldo correspondientes, para activar un relé (modelo HJK-4102) y permitir la salida de 24 VDC necesario para activar electroválvula. El software de simulación utilizado para verificar el funcionamiento del sistema de control resultó fundamental para garantizar el rendimiento de la cortadora. El proyecto no

solo logró mejorar la competitividad del producto, sino que también optimizó su ergonomía y estética, factores clave en su comercialización. Asimismo, permitió reducir costos, mejorar la calidad del producto y mantener una competitividad constante en el mercado.

#### **4.1. Fundamentos de la Automatización industrial**

La automatización industrial se lo define como la aplicación a la automatización de un proceso industrial. Todo aquello que se requiere automatizar se lo recibe como nombre de planta.

De acuerdo con Brunete, Segundo, y Herrero (2025) la automatización se lo puede aplicar tanto a los procesos de fabricación continua como la industria química o el cemento como de las piezas discretas las cuales se lo pueden ver en los automóviles, los electrodomésticos o en los muebles

**Los objetivos de la automatización son:**

1. Incrementar la productividad y flexibilizar las herramientas
2. Producir con calidad constante
3. Dedicar a los humanos a las tareas creativas

El gran auge de la automatización industrial se debe a la aparición del autómatas programable (PLC), que sustituyó a los sistemas de control basados en lógica cableada y permitió incrementar la productividad y flexibilizar las herramientas y la programación.

#### **4.2. Proceso actual del ladrillo**

Actualmente, el proceso de fabricación de ladrillos semi-industriales en la fábrica comienza con la mezcla de diferentes tipos de arcilla. La mezcla de estos materiales se ajusta de acuerdo con el tipo de ladrillo deseado, generalmente suelen ser de 3 a 4 clases de arcillas. Con la ayuda de una cargadora compacta, un operario recoge y mezcla los materiales en un espacio designado para esta fase, mientras que otro trabajador agrega agua de forma que se distribuya uniformemente, alcanzando la humedad adecuada.

Una vez que el material está bien mezclado, se traslada al primer molino de paletas, de 2.5 metros de longitud y accionado por un motor eléctrico, el cual tritura las partículas más grandes. Posteriormente, el material pasa a una banda transportadora que lo dirige al siguiente molino, un molino de rodillos que realiza una segunda trituración pero más fina.

Este molino de rodillos cuenta con dos rodillos que giran en direcciones opuestas, ajustándose para conseguir una mezcla de mayor calidad y finura. Un operario supervisa este proceso para evitar bloqueos por acumulación de material o piedras, utilizando una herramienta para redistribuir la mezcla y liberar cualquier obstrucción. Una vez que el material está bien mezclado, se traslada al primer molino de paletas, de 2.5 metros de longitud y accionado por un motor eléctrico, el cual tritura las partículas más grandes. Posteriormente, el material pasa a una banda transportadora que lo dirige al siguiente molino, un molino de rodillos que realiza una segunda trituración pero más fina. Este molino de rodillos cuenta con dos rodillos que giran en direcciones opuestas, ajustándose para conseguir una mezcla de mayor calidad y finura. Un operario supervisa este proceso para evitar bloqueos por acumulación de material o piedras, utilizando una herramienta para redistribuir la mezcla y liberar cualquier obstrucción.

Una vez triturado, el material es transportado por una banda transportadora de una longitud de 6m accionada por un motor eléctrico a una tolva de capacidad 9 m<sup>3</sup> aproximadamente que posee una banda transportadora en su base. Cuando la tolva ha sido completamente llenada, se apagan el molino de rodillos y todos los procesos anteriores para evitar el sobrellenado de material. A continuación, el operario activa la banda de la tolva, permitiendo que el material avance hacia otro molino de paletas de 1.5 metros de longitud, donde se mejora la homogeneidad de la mezcla.

La mezcla final se dirige a la extrusora, accionada por un motor de combustión. La velocidad de extrusión puede ajustarse mediante una caja de cambios mecánica, permitiendo optimizar el proceso en función de la disponibilidad de operarios. A mayor cantidad de operarios, mayor velocidad; con menos personal, se reduce la velocidad para facilitar el proceso de corte.

El corte se realiza manualmente. En esta fase, antes de encender la extrusora, la cortadora debe nivelarse inicialmente para asegurar la uniformidad de los ladrillos. La extrusión es desplazada por rodillos de plástico(PVC) de 50mm de diámetro y rodillos laterales que orientan el ladrillo en una sola dirección como se muestra en la Figura 2. Como lubricante se utiliza diésel, ya que los rodillos no cuentan con rodamientos y esto reduce el desgaste en la superficie de apoyo. El alambre de corte se sujeta mediante tuercas, y debido a la fatiga del material, es común que se rompa, obligando al operario a detener la extrusora para reemplazar el alambre y reiniciar el proceso.

## Figura 2

*Cortadora manual de ladrillo en funcionamiento de la fabrica Arcillas 2000.*



**Nota:** Cortadora actual Arcillas 2000 (2024).

El enfoque del trabajo de titulación se centra en optimizar este proceso de corte, buscando reducir la variabilidad generada por el trabajo manual y mejorar los tiempos de nivelación de la cortadora. Con estas mejoras, se espera obtener un producto final más uniforme y consistente en términos estéticos y estructurales, beneficiando la eficiencia y calidad del proceso de fabricación de ladrillos.

### **4.3. Tecnologías aplicadas en el corte automatizado de ladrillos**

Durante los últimos años, la implementación de las tecnologías aplicadas al sector cerámico ha dado paso a una mejora significativa en los procesos de corte, en especial cuando hablamos de la integración de los sistemas mecatrónicos donde se usa la combinación de actuadores, sensores, controladores y un software de monitoreo. Una de las tendencias más destacadas es el uso de PLC, motores paso a paso y sensores ópticos o inductivos, que nos van a permitir la sincronización precisa entre la extrusora y el sistema de corte.

El sistema de corte automatizado más común en líneas de producción semi-industriales incluye un mecanismo de alambre tensado, controlado por motores lineales o de rotación, cuyo accionamiento puede estar sincronizado con sensores de presencia. Cuando el sensor detecta la llegada del ladrillo extruido, se activa el motor encargado del corte, minimizando el error dimensional y el desperdicio de material.

Además, se han implementado HMI a través de plataformas como *Node-RED*, que permiten a los operarios visualizar el estado del sistema en tiempo real, llevar un registro de cortes realizados, establecer parámetros de longitud y recibir alertas de mantenimiento. Estos sistemas contribuyen a la trazabilidad del proceso productivo y a la reducción de paradas no planificadas.

Otra innovación relevante es la incorporación de los sensores de posición lineales y los sensores de fuerza, los cuales ayudaran a mejorar la precisión del corte e identificar las posibles fallas en el sistema mecánico o eléctrico. Por ejemplo, la detección de una caída de tensión en el alambre puede indicar desgaste o rotura, activando una alarma y deteniendo la producción automáticamente para evitar algún tipo de accidente.

La lubricación automatizada de los elementos móviles como rodillos también ha sido un avance importante, utilizando sistemas que dosifican pequeñas cantidades de aceite o diésel para minimizar el desgaste y la fricción, sin requerir intervención constante del operario.

## **5. Marco metodológico**

### **5.1. Determinación de los parámetros requeridos para el diseño de la cortadora automática de ladrillos**

#### **5.1.1. Condiciones laborales y percepción de los operarios**

Se llevado a cabo una serie de entrevistas dirigidas a operarios y encargados de producción en una muestra representativa de fábricas de ladrillos de la zona. El objetivo es conocer su

percepción respecto a las condiciones actuales de trabajo durante el proceso de corte, así como evaluar el nivel de aceptación, interés y viabilidad percibida frente a la posible adquisición o implementación de una cortadora automática. La información recolectada permitirá validar la necesidad del nuevo diseño propuesto, identificar beneficios esperados y detectar posibles resistencias o requerimientos específicos desde el punto de vista de los usuarios finales.

Las entrevistas pueden organizarse en bloques temáticos, lo que permite recopilar de manera estructurada las opiniones y necesidades de los operarios. Esta metodología facilita la identificación de problemáticas reales y expectativas frente a posibles soluciones tecnológicas. A continuación, se presenta un bloque de preguntas diseñado para aplicar encuestas en una muestra representativa de fábricas del sector de producción de ladrillo mediante corte manual.

#### ■ **Bloque 1: Percepción sobre una cortadora automática**

¿Ha escuchado antes sobre cortadoras automáticas o semiautomáticas en este tipo de producción?

Si existiera una cortadora automática que mejore la precisión del corte y reduzca el esfuerzo del operario, ¿cree que sería útil para su fábrica?

¿Qué características considera importantes que debería tener una cortadora de este tipo (facilidad de uso, mantenimiento, velocidad, precio, etc.)?

¿Cree que los operarios aceptarían utilizar una máquina de este tipo? ¿Por qué?

#### ■ **Bloque 2: Interés en implementación**

¿Consideraría su fábrica adquirir o implementar una cortadora automática si se demostraran beneficios claros?

¿Qué factores influirían más en la decisión de adquirir una (precio, resultados, facilidad de adaptación, capacitación necesaria, etc.)?

¿Estaría dispuesto a participar en una prueba o validación del prototipo si se desarrolla uno?

### **5.1.2. Evaluación del proceso actual de producción**

De acuerdo a una entrevista realizada en la fabrica de ladrillos de Arcillas 2000 (2024) podemos describir el siguiente proceso del ladrillo semi-industrial que se produce hoy en día.

- Descripción de las partes de la Cortadora manual

**Figura 3**

*Descripción gráfica de las partes que forman la cortadora manual.*



**Nota:** Ubicación de las diferentes partes que conforman la cortadora manual Arcillas 2000 (2024).

**1. Rodillos de material PVC**

Estos se encuentran a lo largo del carro longitudinal y dos de manera perpendicular con el objetivo de direccionar y facilitar el deslizamiento del ladrillo a lo largo de la cortadora.

**2. Estructura del carro longitudinal**

Su función es soportar a la parte 3 y 4, además de que todo este mecanismo se desliza sobre una base fija que es la bancada.

**3. Estructura del carro transversal**

Este al desplazarse sobre la parte 4 realiza el corte.

**4. Mecanismo de sujeción y temple del alambre de corte**

Permite mediante un mecanismo de perno y tuerca sujetar el alambre y templar el mismo, este se encuentra anclado a la parte 3 de la cortadora.

**5. Masa extruida continuamente hacia la cortadora**

**6. Base para el deslizamiento del carro transversal**

Su función es ser una guía para el carro transversal, este se encuentra anclado a la parte 2(carro longitudinal).

**7. Compuerta**

Esta se encuentra anclada a la estructura del carro longitudinal para mantener el ladrillo por un tiempo para realizar el corte

**8. Bancada**

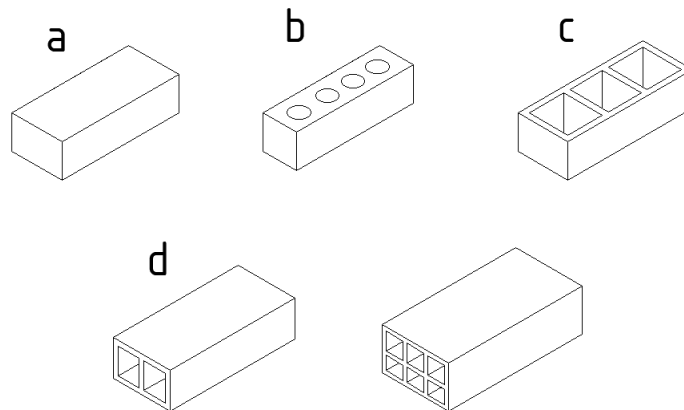
Esta se encuentra con tuercas en su base anclados a pernos en los 4 esquinas de la cortadora, de manera que permita nivelar mediante rosca la posición para iniciar el corte.

**5.1.3. Tipos de ladrillos**

De acuerdo con Ullauri, Bastidas, Bustamante, y Carchipulla (2022) la clasificación de los tipos de ladrillos se realiza como se muestra en la Figura 4:

## Figura 4

*Tipos de ladrillo que se producen en Cuenca.*



**Nota:** Descripción a)ladrillo macizo; b) ladrillo hueco c) ladrillo perforado; d)ladrillo tabular. Avcillas Ulloa (2016).

### **Descripción de los tipos de ladrillos mas comunes en la ciudad de Cuenca, Ecuador:**

- a) Ladrillo macizo o panelón. Este tipo de ladrillo es totalmente uniforme. Es utilizado para las edificaciones, pavimentos en recubrimientos de suelos, entre otros.
- b) Ladrillo hueco. Estos son realizados para la construcción de muros, cerramientos o tabiques divisorios
- c) Ladrillo perforado. Estos tienen como mínimo 3 perforaciones, que al ser colocado en el concreto se consigue una adherencia perfecta entre estos.
- d) Ladrillo tabular. Estos a diferencia de los ladrillos perforados, tiene agujeros de manera longitudinal y suelen ser utilizados en edificaciones al igual que el ladrillo macizo, también en divisiones de una estancia o en muros que no soportan cargas estructurales.

#### **5.1.4. Análisis del espacio de trabajo de la cortadora**

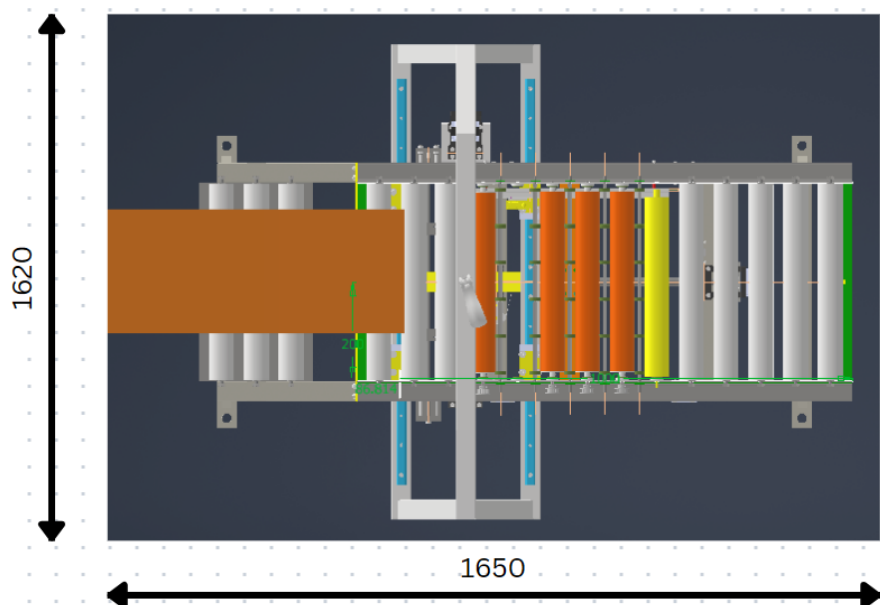
Se realiza un levantamiento técnico del área de trabajo destinada al proceso de corte de ladrillos en la fábrica Arcillas 2000. Este análisis incluye la medición de dimensiones del espacio disponible, distribución actual del proceso, ubicación de equipos cercanos, condiciones

de seguridad, accesibilidad y posibles restricciones físicas. El objetivo es obtener información detallada del entorno real de trabajo para adaptar el diseño de la cortadora automática a las condiciones específicas de esta fábrica, asegurando su correcta implementación y funcionamiento dentro del flujo productivo existente.

Después de haber tomado dimensiones generales para saber el espacio sobre el cual se va a trabajar en el diseño de la cortadora actual, se determina las siguientes dimensiones de longitud, ancho y altura de acuerdo con la Figura 5 en la que se puede acoplar la cortadora automática a diseñar.

### Figura 5

*Espacio de trabajo.*



**Nota:** En la imagen se puede observar las dimensiones generales en mm que se van a respetar para el diseño de la cortadora automática, con una altura de 800mm.

## 5.2. Diseño mecánico de la cortadora automática para la producción semi-insutrial de ladrillos en la parroquia Sinincay

### 5.2.1. Establecer las dimensiones de la cortadora actual

Durante esta etapa, se recopilarán datos mediante el uso de herramientas de medición como cintas métricas, calibradores y escuadras, registrando las dimensiones relevantes de los principales componentes: estructura, mesa de soporte, guías, mecanismo de corte, ubicación del motor y soporte del alambre de corte. Adicionalmente, se documentará la distribución del espacio en el área de trabajo, la ergonomía del operador y posibles limitaciones físicas del entorno que puedan condicionar el nuevo diseño. Esta información será la base para garantizar que el diseño propuesto sea compatible con las condiciones reales de instalación y operación. Algunas de las herramientas que se utilizaron para tomar dimensiones de longitudes, diámetros y fuerzas podemos observar en la Figura 6, en la Figura 7 y en la Figura 8 respectivamente.

#### Figura 6

*Flexómetro digital de medición láser Bosh.*



**Nota:** Flexómetro digital láser Bosch utilizado durante el desarrollo del proyecto para realizar mediciones precisas.

### Figura 7

*Calibrador KAMASA.*



**Nota:** Calibrador manual empleado durante el proyecto para la verificación y toma precisa de dimensiones.

### Figura 8

*Báscula mecánica colgante Truper.*



**Nota:** Báscula mecánica colgante Truper utilizada para medir el peso de los elementos durante el proyecto, valor a partir del cual se calculó la fuerza ejercida según la relación física  $F = m \cdot g$ .

### **5.2.2. Modificaciones Implementadas en el Diseño de la Cortadora Automática en Comparación con el Modelo Manual**

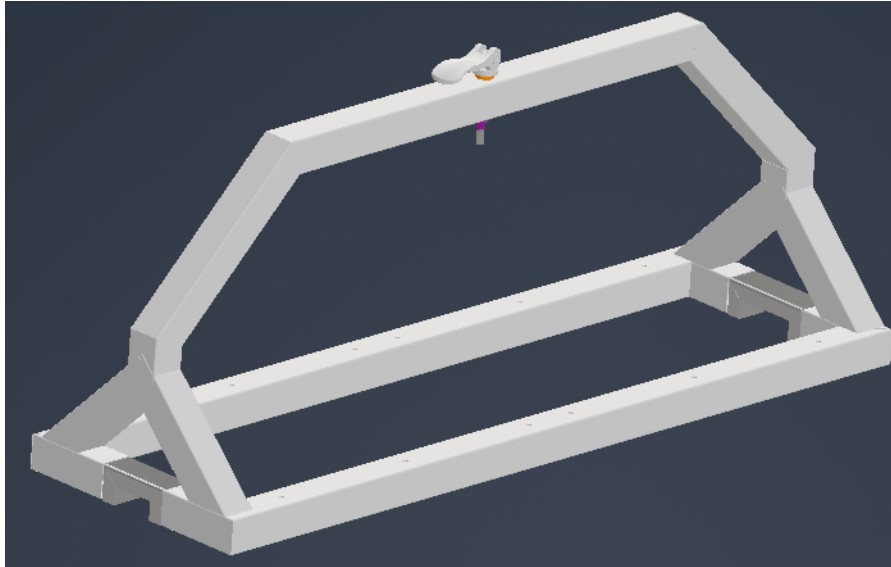
- Carro Transversal

A diferencia del diseño anterior de la cortadora manual, el nuevo carro transversal como se puede visualizar en la Figura 9 presenta una estructura más simplificada y funcional. En el diseño anterior, el alambre de corte se sostenía mediante dos tirantes laterales unidos por un eje transversal. Esta configuración determinaba la separación entre los tirantes, lo que a su vez establecía la longitud del ladrillo. Sin embargo, este sistema resultaba más complejo y requería un mayor número de componentes estructurales.

En el nuevo diseño, el alambre de corte se sujeta directamente a un único tubo estructural y no la longitud del ladrillo no depende de la posición en la que se encuentra, lo que reduce significativamente la cantidad de piezas y facilita tanto el montaje como el mantenimiento del sistema. Esta simplificación no solo mejora la eficiencia del corte, sino que también permite un diseño más compacto, económico y fácil de alinear. El nuevo carro proporciona mayor rigidez estructural y mejor estabilidad durante el proceso de corte.

## Figura 9

*Carro transversal.*



6

**Nota:** Estructura del Carro Transversal actual en la cortadora automática.

- Sujeción y templado del alambre de corte

En el diseño original de la cortadora, el sistema de sujeción y templado del alambre de corte se basaba en un mecanismo de tuerca simple para sujetar el alambre, y una combinación de tuerca y perno para lograr el templado. Este sistema, aunque funcional, requería herramientas manuales, mayor tiempo de ajuste, y dificultaba la sustitución del alambre.

En la versión actual que se observa en la Figura 10, se ha rediseñado el sistema con los siguientes cambios:

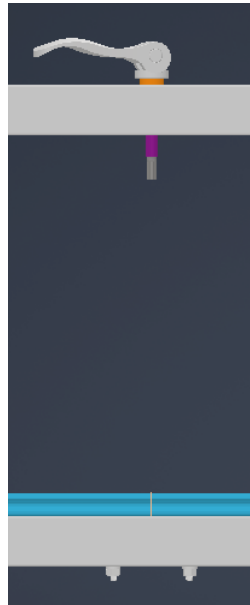
Sujeción del alambre: Se utiliza un sistema de prisioneros (tornillos de presión), lo cual permite fijar el alambre de manera firme y rápida sin necesidad de desmontajes complejos.

Templado del alambre: Se implementa un mecanismo de cierre rápido (tipo leva o trinquete), que permite tensar el alambre de forma precisa y sin herramientas adicionales,

facilitando su ajuste o reemplazo. Esta solución es común en sistemas industriales donde se requiere eficiencia operativa.

### **Figura 10**

*Sujeción y templado del alambre de corte.*



**Nota:** Implementación de un nuevo sistema de fijación y templado del alambre de corte.

- Mecanismo o sistema para establecer la longitud del ladrillo

En el diseño actual (ver Figura 11), el mecanismo encargado de establecer la longitud del ladrillo funcionaba mediante una compuerta que se abre y cierra el operador. Para modificar la dimensión del ladrillo, era necesario reposicionar manualmente todo el sistema de regulación, compuesto por un eje superior (línea celeste) y otro inferior, lo que implicaba mayor tiempo de ajuste y una operación dependiente del operador.

## Figura 11

*Sistema para establecer la longitud del ladrillo, máquina manual.*



**Nota:** Sistema para establecer la longitud del ladrillo en la cortadora actual.

### **Sistema propuesto**

En el nuevo diseño mostrado en la Figura 12, se ha eliminado la compuerta y el doble eje, esto también influyó en el rediseño del carro transversal. Ahora, se implementará un sensor de posición montado sobre un carro móvil longitudinal. Este sensor se desplazará a lo largo del marco y permitirá detectar con precisión la posición deseada para efectuar el corte del alambre, regulando la longitud del ladrillo.

El sensor se ubicará respecto al alambre de corte, funcionando como punto de referencia de activación.

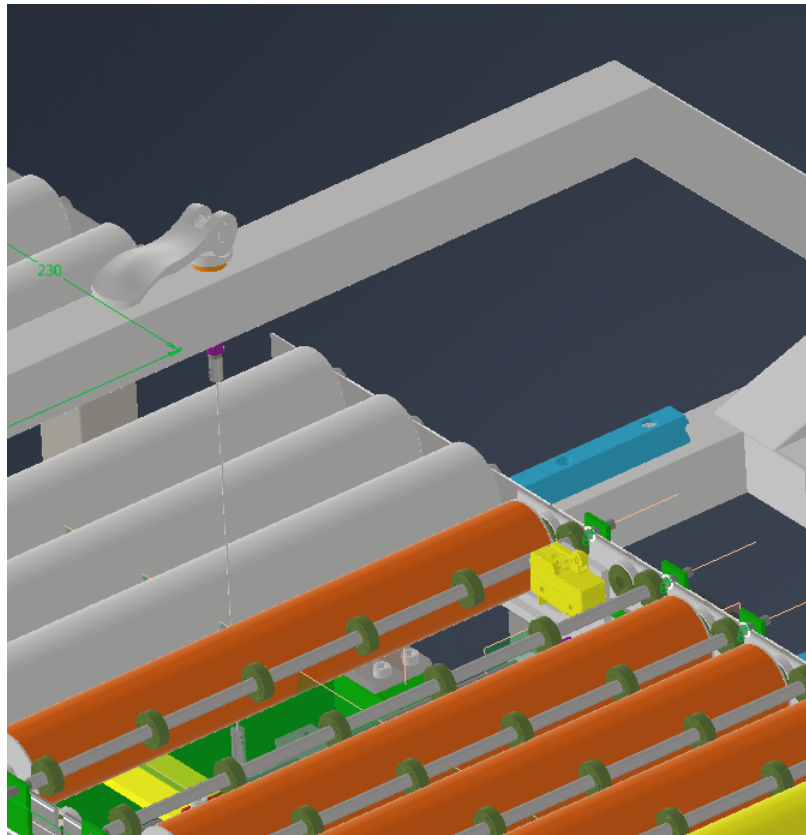
### **Ventajas del nuevo sistema:**

1. Mayor precisión dimensional del ladrillo.

2. Automatización parcial del proceso.
3. Reducción del tiempo de ajuste y errores humanos.
4. Facilidad de calibración para diferentes tamaños de ladrillo.

### Figura 12

*Sistema para establecer la longitud del ladrillo, propuesto.*



**Nota:** Sistema para establecer la longitud del ladrillo en la cortadora automatizada.

#### 5.2.3. Modelo 3D de la cortadora

Este objetivo tiene como finalidad transformar la información recopilada sobre la cortadora actual en un modelo tridimensional completo y funcional. Para ello, se utilizará un software de diseño asistido por computadora (CAD), que permita el modelado detallado de la nueva máquina. En este apartado se describe el diseño mecánico de la cortadora automática para

ladrillos, desarrollado con base en los requerimientos funcionales y operativos definidos previamente. El diseño considera factores como la resistencia estructural, facilidad de manufactura, mantenimiento y seguridad del operador. A continuación, se presenta una visión general de la máquina, seguida de una descripción detallada de cada uno de sus componentes principales.

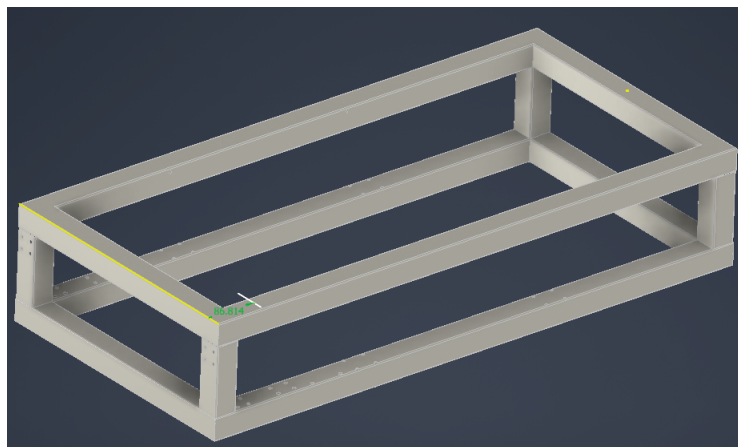
### **Descripción técnica del mecanismo de carro longitudinal**

En el sistema anterior, el carro se apoyaba sobre dos bolas de acero que funcionaban como elementos de rodadura. Sin embargo, este mecanismo no resultaba óptimo, ya que la fricción generada era considerable, lo que obligaba al operario a aplicar mayor fuerza para vencer la inercia del sistema al iniciar el movimiento. Con la implementación de guías lineales, se elimina este inconveniente, logrando un desplazamiento más fluido, preciso y con menor resistencia, lo que se traduce en una mayor eficiencia del conjunto mecánico y en una menor exigencia para el motor.

En la Figura 13 se muestra la estructura diseñada para permitir el anclaje de las guías lineales y del motor paso a paso encargado del desplazamiento del carro longitudinal. En la parte superior de esta estructura, no se realiza ningún agujero o mecanizado de manera un perfil angular de  $40 \times 40 \times 3$  mm en los dos laterales del carro longitudinal sea soldado directamente al carro longitudinal, este cumple la función de soporte para los rodillos que facilitan el desplazamiento del ladrillo durante su salida desde la extrusora.

### **Figura 13**

*Estructura del Carro longitudinal.*



**Nota:** Estructura modificada para acoplarse a guías lineales.

A diferencia del diseño anterior, el presente mecanismo incorpora guías lineales, lo cual representa una mejora significativa en términos de eficiencia y precisión del movimiento. Estas guías permiten un desplazamiento más suave y lineal del carro, reduciendo considerablemente la fricción y, por ende, el esfuerzo requerido por los motores para realizar el movimiento longitudinal.

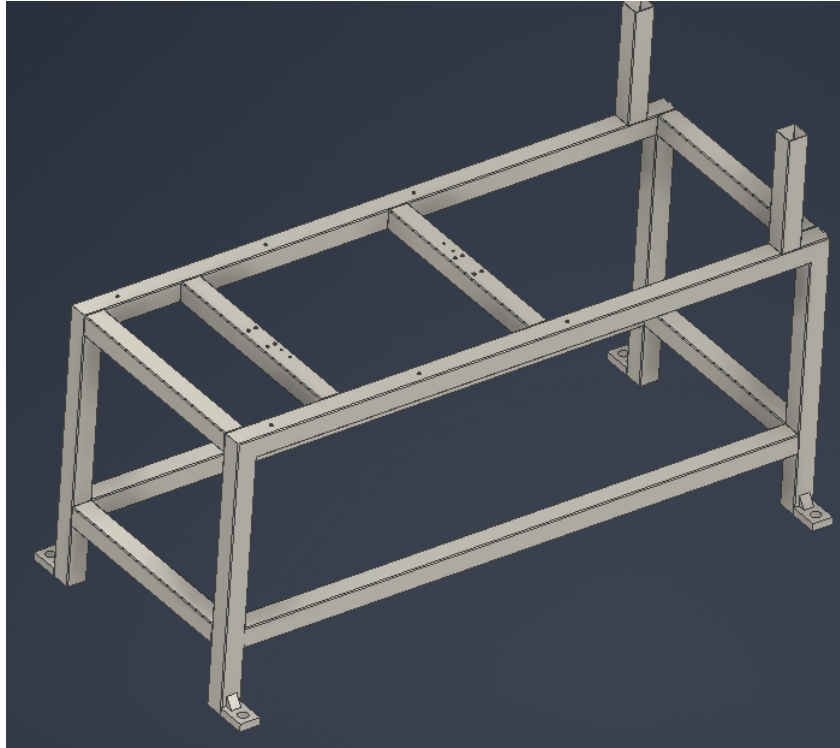
### **Descripción Técnica del Mecanismo de base o bancada**

La base de la cortadora conserva en gran medida la estructura y geometría del diseño tradicional utilizado en el sistema de corte manual. No obstante, se han realizado ajustes en algunas dimensiones para adaptar la estructura al nuevo sistema automatizado, especialmente para permitir el montaje del carro longitudinal que incorpora guías lineales. Estas modificaciones aseguran un acoplamiento preciso y estable, necesario para el correcto funcionamiento del mecanismo.

Esta base está diseñada para soportar el peso total del sistema, incluyendo el ladrillo durante el corte, el carro longitudinal y el carro transversal, garantizando así la rigidez y estabilidad requeridas para un trabajo eficiente y seguro. Además, se han incorporado platinas sobresalientes en las cuatro esquinas de la base, cuya función principal es facilitar la nivelación de toda la estructura. Este sistema permite ajustar la posición de la cortadora en caso de irregularidades en el piso de trabajo, mejorando la precisión del corte y reduciendo el desgaste de los componentes móviles. A continuación en la Figura 14 se muestra la base que permite acoplar todos los elementos de la cortadora.

**Figura 14**

*Base de la cortadora.*



**Nota:** Estructura modificada para acoplarse a guías lineales.

### **Descripción Técnica - Rodillos transportadores**

En el sistema de corte de la cortadora automática se emplean distintos tipos de rodillos, cada uno con una función específica dentro del mecanismo. Estos rodillos permiten el desplazamiento controlado del ladrillo a lo largo de la línea de corte, asegurando precisión y estabilidad. A continuación, se describen los rodillos principales utilizados en el diseño: el rodillo transportador, cuya función es permitir un deslizamiento con la mínima fricción del ladrillo extruido, el rodillo motriz, encargado de generar el movimiento, y los rodillos conducidos, que complementan el arrastre y guían la trayectoria del material.

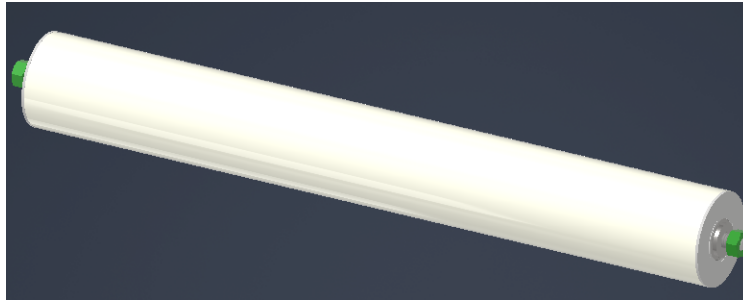
#### **1. Rodillo transportador**

Este rodillo tiene una función pasiva dentro del sistema. No está conectado al sistema de transmisión ni participa en el arrastre del ladrillo. Su objetivo principal es servir de superficie de apoyo y guía, facilitando el deslizamiento del ladrillo a lo largo del trayecto

sin interferir en su movimiento. También gira sobre rodamientos para reducir el desgaste por fricción con el material. El modelo diseñado se puede apreciar a continuación en la Figura 15.

### **Figura 15**

*Rodillo transportador.*



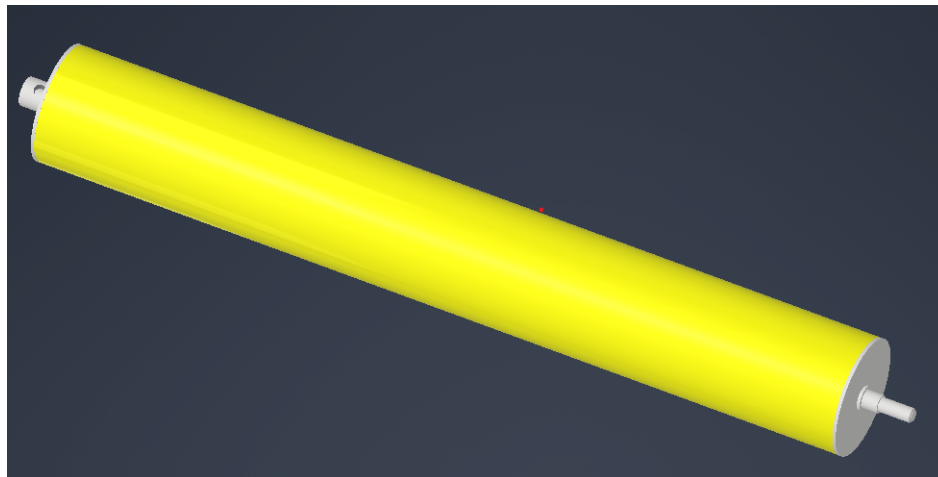
**Nota:** Rodillo de apoyo pasivo, que permite el deslizamiento libre del ladrillo hacia la zona de descarga.

### **2. Rodillo motriz**

Es el rodillo encargado de acelerar la salida del ladrillo una vez que ha sido cortado. Está acoplado directamente al eje del motor y transmite el movimiento mediante un sistema de poleas al rodillo conducido. Su función es facilitar la expulsión rápida y controlada del ladrillo hacia la zona de descarga, mejorando el flujo continuo del proceso. El modelo diseñado se puede apreciar a continuación en la Figura 16.

## Figura 16

*Rodillo motriz.*



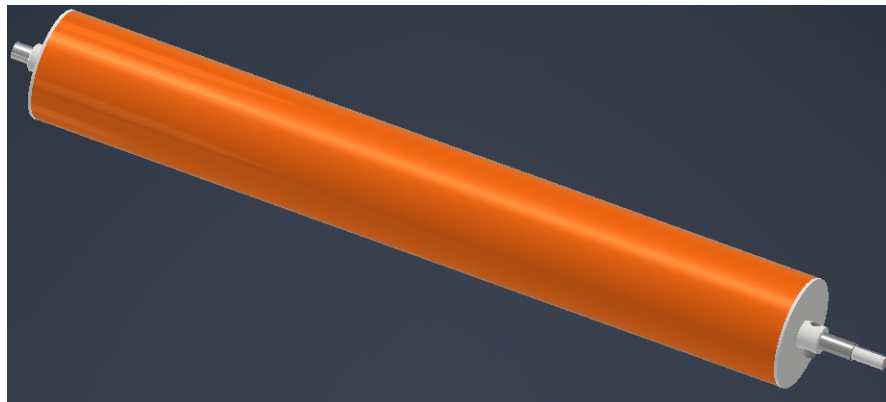
**Nota:** Rodillo motriz conectado directamente al eje del motor, encargado de impulsar la salida del ladrillo cortado.

### 3. Rodillo conducidos

Este rodillo gira gracias a una transmisión por poleas conectada al rodillo motriz. Su función es complementar el movimiento de salida del ladrillo, manteniéndolo alineado y estabilizado durante la expulsión. Está montado sobre rodamientos que aseguran un giro libre y eficiente. El modelo diseñado se puede apreciar a continuación en la Figura 17.

## Figura 17

*Rodillo conducido.*



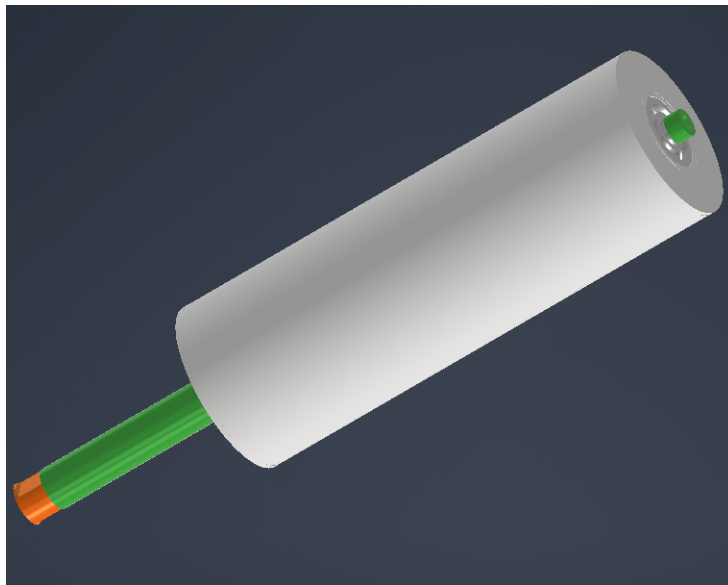
**Nota:** Rodillo conducido accionado mediante poleas desde el rodillo motriz, que estabiliza el desplazamiento del ladrillo.

### 4. Rodillo laterales

Su principal función es direccionar y mantener alineado el ladrillo durante su desplazamiento, evitando desviaciones laterales. Además, durante el proceso de corte, actúan como soporte de contención, ayudando a mantener la forma del ladrillo y reduciendo posibles deformaciones causadas por las fuerzas del alambre cortador. El modelo diseñado se puede apreciar a continuación en la Figura 18.

## Figura 18

*Rodillo lateral.*



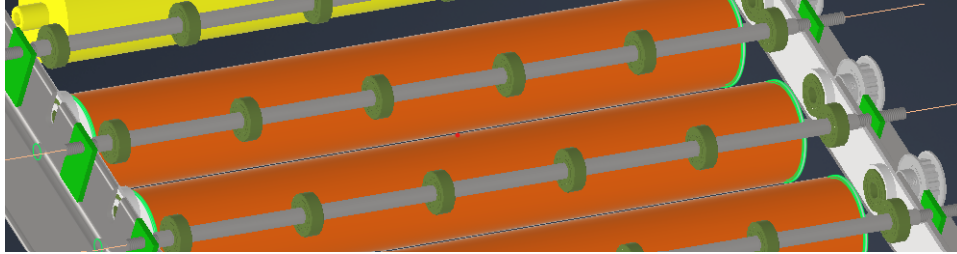
**Nota:** Rodillos laterales utilizados para guiar y estabilizar el ladrillo durante el corte, evitando deformaciones.

### 5. Ejes auxiliares con rodamientos tipo 608

Entre los rodillos conducidos se han incorporado seis ejes auxiliares equipados con rodamientos tipo 608, distribuidos estratégicamente para minimizar los espacios libres en el trayecto de salida del ladrillo. Esta solución tiene como objetivo evitar que ladrillos de menor longitud puedan caer o perder estabilidad al finalizar el proceso de corte. El modelo diseñado se puede apreciar a continuación en la Figura 19.

## Figura 19

*Rodillo auxiliares con rodamientos tipo DIN608.*



**Nota:** Ejes auxiliares con rodamientos tipo 608, utilizados para reducir los espacios entre rodillos y garantizar el soporte de ladrillos de menor longitud.

### 6. Elementos de nivelación-cortadora

Los rodamientos cónicos SKF 30302 han sido seleccionados para este sistema de regulación de altura debido a su capacidad específica para soportar cargas axiales de manera eficiente. La geometría cónica de estos rodamientos permite que las fuerzas axiales generadas durante el proceso de ajuste de altura se distribuyan uniformemente a través de las pistas de rodadura, reduciendo significativamente la fricción requerida para el movimiento. Esta implementación representa un avance considerable respecto al diseño de referencia de la cortadora, el cual emplea contacto directo entre superficies metálicas sin ningún mecanismo suave, generando alta fricción y, por tanto, mayor esfuerzo manual para el ajuste de altura. La configuración actual de cuatro rodamientos ubicados en cada esquina de la base garantiza una distribución equilibrada de las cargas y proporciona la estabilidad necesaria para el funcionamiento óptimo del sistema. El elemento de nivelación se puede observar en la Figura20.

## Figura 20

*Elemento de nivelación de la cortadora automática.*



**Nota:** En la imagen se observa el ensamblaje del rodamiento cónico SKF 30302 con la base del sistema de nivelación. El rodamiento se encuentra montado en el centro de la plataforma base, mostrando la interfaz entre el elemento móvil (eje roscado) y la superficie de apoyo. Esta configuración permite el movimiento axial suave durante el proceso de regulación de altura, eliminando el contacto directo metal-metal del diseño anterior.

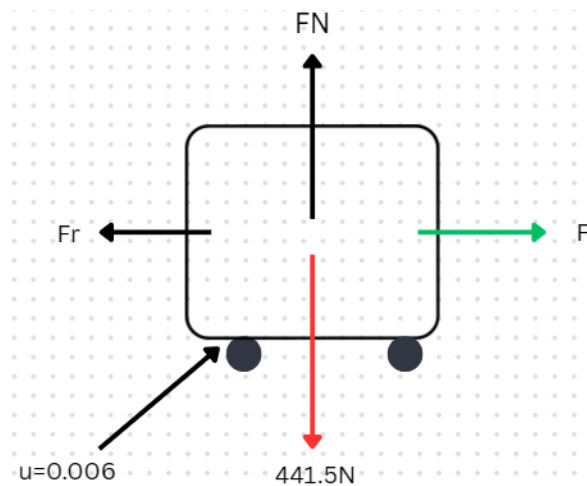
### 5.2.4. Cálculos del motor paso a paso

### 5.2.5. Calculo motor 1

Para este cálculo consideramos que la carga se va a desplazar horizontalmente, no se va a levantar. Esta distinción es fundamental en el diseño de sistemas de transmisión lineal, ya que determina completamente las fuerzas que el motor debe superar.

## Figura 21

Cargas para el M1.



**Nota:** Análisis de esfuerzos - Carro longitudinal.

### Datos - Husillo SFU2005

- Paso del husillo:  $L = 5 \text{ mm} = 0,005 \text{ m}$
- Diámetro primitivo:  $d_p = 17,5 \text{ mm} = 0,0175 \text{ m}$
- $n = 0.90 \Rightarrow$  Eficiencia mecánica en husillos
- coeficiente de fricción( $u$ ) =  $0,006$

### Datos del problema

- Carga ( $F$ ) =  $441,5N$
- Velocidad lineal =  $80\text{mm/s}$
- $T$  = Torque

### Solución

Fuerza de fricción

$$F_f = 0.006 \cdot 441.45 = 2.64 \text{ N}$$

Fuerza total

$$F_t = F_{\text{carga}} + F_f + F_{\text{inercial}} = mg + ma = m(g + a) \text{ [N]}$$

Consideramos una aceleración máxima de  $0.3\text{m/s}^2$

$$F_{\text{total}} = 45 \cdot 9.81 + 45 \cdot 0.3 + F_f = 441.45 + 13.5 + 2.64 = 457.59 \text{ N}$$

Torque necesario para el motor

$$T = \frac{F_{\text{total}} \cdot L}{2\pi \cdot n} = \frac{457.59 \cdot 0.005}{2\pi \cdot 0.9} = \frac{2.288}{5.655} \approx 0.404 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Factor de seguridad

$$T = T \cdot 1.5 = 0.6 \text{ Nm}$$

Velocidad angular

$$v = \omega * L \text{ [rev/s]}$$

$$\omega = \frac{v}{L} \text{ [rev/s]}$$

$$\omega = \frac{80}{5} \text{ [rev/s]}$$

$$\omega = 16 \text{ [rev/s]}$$

Conversión a RPMS y calculo de potencia Para obtener las revoluciones por minuto (RPM), usamos:

$$\text{RPM} = \omega \cdot 60 = 960 \text{ RPM}$$

Potencia en HP

$$P \text{ (HP)} = \frac{T \text{ (N} \cdot \text{m)} \cdot N \text{ (rpm)}}{7120} = 0,080 \text{ HP}$$

Considerando que el torque se reduce a medida que la velocidad angular aumenta, la elección del motor es de **1.2Nm** de manera que cuando la velocidad del extrusor aumente este motor que es uno de los principales logre alcanzar la velocidad de masa extruida, de manera

que la potencia del motor debe ser de:

$$P \text{ (HP)} = \frac{(1.2) \cdot (960)}{7120} = 0,16 \text{ HP}$$

### 5.2.6. Cálculos motor 2(Corte)

Para este cálculo consideramos que la carga se toma como si se levantara verticalmente contra la gravedad. Esta distinción es fundamental en el diseño de sistemas de transmisión lineal, ya que determina completamente las fuerzas que el motor debe superar y define los criterios de seguridad del sistema.

Datos

- $F'$  => Fuerza ejercida en un hilo del husillo de bolas
- $P = 7\text{kg} = 68,67 \text{ N}$  Carga para realizar el corte
- $N$  => Fuerza normal
- $u$  => coeficiente de fricción
- $\gamma$  = Ángulo de la hélice del tornillo de potencia

Datos del husillo SFU2005

- **Paso del husillo:**  $L = 5 \text{ mm} = 0,005 \text{ m}$
- **Diámetro primitivo:**  $d_p = 17,5 \text{ mm} = 0,0175 \text{ m}$
- $n = 0.90$  => Eficiencia mecánica en husillos

**Fórmulas a utilizar**

$$N = \frac{P}{\cos(\gamma) - (u \cdot \sin(\gamma))}$$

$$F' = \frac{P \cdot (u \cdot \cos(\gamma) + \sin(\gamma))}{\cos(\gamma) - (u \cdot \sin(\gamma))}$$

$$T = F \cdot \frac{d_p}{2}$$

$$u = \frac{\tan(\gamma)}{\pi \cdot n}$$

$$\tan(\gamma) = \frac{L}{\pi \cdot d_p}$$

### Resolución Ecuaciones

Para iniciar, calculamos el ángulo de la hélice de nuestro tornillo de potencia SFU2005, y seguidamente aplicando la fórmula encontramos el valor del coeficiente de fricción.

$$\begin{aligned} \tan(\gamma) &= \frac{5 \text{ mm}}{\pi \cdot 17,5 \text{ mm}} \\ \gamma &= \tan^{-1} \left( \frac{5 \text{ mm}}{\pi \cdot 17,5 \text{ mm}} \right) = 5,197^\circ \\ u &= \frac{\tan(5,197)}{\pi \cdot 0,9} = 0,032 \end{aligned}$$

Con los datos ya calculados realizamos la siguiente ecuación para encontrar la fuerza normal de nuestra carga de 68,67N.

$$N = \frac{68,6 \text{ N}}{\cos(5,19^\circ) - (0,032 \cdot \sin(5,19^\circ))} = 69,155 \text{ N}$$

Ahora con los coeficientes de ángulo de la hélice y coeficiente de fricción calculados anteriormente, calculamos la fuerza que necesita soportar un hilo del husillo de bolas.

$$F' = \frac{68,6 \text{ f} \cdot ((0,032 \cdot \cos(5,19^\circ)) + \sin(5,19^\circ))}{\cos(5,19^\circ) - (U \cdot \sin(5,19^\circ))} = 8,468 \text{ N}$$

Para finalizar, se calcula el torque que se necesita por cada hilo del husillo, aplicando la fórmula indicada inicialmente.

$$T' = 8,468 \cdot \frac{0,0175}{2} = 0,074 \text{ Nm}$$

El torque calculado es del tornillo de potencia en contacto directo con la carga pero como se usa una tuerca(collarin) para unir el tornillo con la estructura del Carro transversal, esta genera un torque adicional y es el siguiente:

$$Tc' = 0,01 \cdot (68,67) \cdot \left(\frac{0,047}{2}\right) = 0,016 \text{ Nm}$$

Por lo tanto el torque aplicado en cada hilo del husillo es de:

$$T_{\text{motor1}} = T' + Tc' = 0,090 \text{ Nm}$$

Para obtener el torque requerido para mover esta estructura, necesitamos de los datos de la tuerca, que son los siguientes:

- L=51mm
- p=5mm
- n = ?

Donde

- L = Longitud de la tuerca
- p =>paso de la tuerca
- n =>numero de hilos de la rosca en contacto entre el husillo y la tuerca.

El torque total para mover la estructura es de:

$$n = \frac{51}{5}$$

$$n = 10.2$$

Fuerza

$$F = 8,468 \cdot 10,2 = 86,37 \text{ N}$$

Torque

$$T = 0,90 \cdot 10,2 = 0,91 \text{ Nm}$$

Aplicando el Factor de seguridad de 1.5

$$T = 0,91 \cdot 1,5 = 1,365 \text{ Nm} \approx 1,5 \text{ Nm}$$

Potencia

Ahora procedemos a obtener la potencia del motor requerida de acuerdo al avance requerido, mediante la siguiente formula:

$$\text{RPM} = \frac{v \cdot 60}{L}$$

Donde:

- $v$  = Velocidad lineal deseada en mm/s
- $L$  = paso del husillo de bolas en mm
- 60 = Escalar para convertir a rpms

Velocidad

$$\text{RPM} = \frac{60 \cdot 60}{5} = \frac{3600}{5} = 720 \text{ RPM}$$

Potencia en HP

$$P \text{ (HP)} = \frac{T \text{ (N} \cdot \text{m)} \cdot N \text{ (rpm)}}{7120} = 0,15 \text{ Hp}$$

### 5.2.7. Cálculos motor 3

**Cálculo del avance mínimo de extrusión:**

Partimos de un valor tomado como referencia, correspondiente a la velocidad mínima de avance de la masa extruida en la máquina. Este dato ha sido registrado directamente durante su operación.

$$v = \frac{410 \text{ mm}}{14,28 \text{ s}} = 28,71 \text{ mm/s}$$

Por lo tanto, el avance mínimo de extrusión es:

$$v = 28,71 \text{ mm/s}$$

Ahora, el valor de velocidad obtenido se multiplicara por un factor de corrección que representa el avance típico de extrusión en condiciones normales de trabajo. Posteriormente, este nuevo valor se multiplicara para aumentar la velocidad en un 25% , ya que la función del motor 3 es acelerar la salida del ladrillo, incrementando así la velocidad de salida con respecto a la referencia mínima.

$$v = 60 \text{ mm/s}$$

Avance requerido para acelerar la salida del ladrillo

$$25\% \times 60 = \frac{25}{100} \times 60 = 15$$

$$v = 60 + 15 = 75 \text{ mm/s}$$

Con este dato de referencia procedemos a calcular las rpms necesarias para le Motor 3.

- $\varnothing$  de la polea: 50,8mm
- Radio de la polea:  $r = \frac{50,8}{2} = 25,4 \text{ mm} = 0,0254 \text{ m}$
- Velocidad deseada: 75 mm/s
- masa de ladrillo: 5kg
- coeficiente de fricción:  $u = 0.5$
- Torque:  $\tau$
- Eficiencia mecánica:  $n = 0.85$

**Solución** Iniciamos calculando la fuerza para mover el ladrillo sin fricción y posteriormente

consideramos un coeficiente de fricción:

$$F = 5 * 9.81 = 49.05 \text{ N}$$

Fuerza de fricción

$$F_f = F * u = 24.53 \text{ N}$$

Fuerza por aceleración (Fa)

Ahora se calcula la fuerza necesaria para alcanzar la velocidad de 60mm/s en un t determinado(0.5s)

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{0.075}{0.5} = 0.15 \text{ m/s}^2$$

$$F_a = m * a = 5 * 0.15 = 0.75 \text{ N}$$

Fuerza total

$$F = F_f + F_a = 25.28 \text{ N}$$

Con los datos ya obtenidos, calculamos el torque necesario del motor para esta aplicación, considerando que la fuerza que se tiene ahora es la fuerza que se aplicaría linealmente, por lo que:

$$\tau = \frac{F_{\text{lineal}} \cdot r}{n} \quad [\text{Nm}]$$

Con los datos dados inicialmente, se tiene el siguiente resultado:

$$\tau = \frac{25.28 \cdot 0.0254}{0.85} = 0.755 \quad [\text{Nm}]$$

Aplicando el factor de seguridad correspondiente se obtiene:

$$\tau = 0.75 * 1.5 = 1.1 \quad [\text{Nm}]$$

Velocidad angular

$$v = \omega * r \quad [\text{rad/s}]$$

$$\omega = \frac{v}{r} \quad [\text{rad/s}]$$

$$\omega = 2.95 \quad [\text{rad/s}]$$

Conversión a RPMS y calulo de potencia Para obtener las revoluciones por minuto (RPM), usamos:

$$\text{RPM} = \frac{\omega \cdot 60}{2\pi} = \frac{2.95 \cdot 60}{2\pi} = 28.19 \approx 30 \text{ RPM}$$

Las RPM requeridas son de

30 RPM

Potencia en HP

$$P \text{ (HP)} = \frac{T \text{ (N}\cdot\text{m)} \cdot N \text{ (rpm)}}{7127}$$

$$= 4.6 \times 10^{-3} \text{ HP}$$

### 5.2.8. Fuelles de protección

En el área de trabajo, los husillos de bolas estarán expuestos al polvo y otros factores que pueden afectar el correcto funcionamiento del movimiento lineal, tanto del carro transversal como del longitudinal. Por esta razón, se ha optado por incorporar fuelles similares a los utilizados en máquinas CNC. Estos fuelles permiten proteger continuamente las superficies, independientemente del movimiento del sistema. En la Figura 22 se muestra el fuelle propuesto como elemento de protección.

#### Figura 22

*Fuelle de protección - Husilo de bolas.*



**Nota:** La imagen muestra un ejemplo representativo del mecanismo de protección mediante fuelles, cuya función es equivalente a la propuesta en el sistema.

### 5.2.9. Capacidad de carga Bloque HG20

A continuación, se presenta en la Figura 23 el catálogo técnico del fabricante HIWIN, en la cual se detallan las características mecánicas del bloque lineal modelo HGH20HAZAH. En esta imagen se pueden observar los valores correspondientes a la carga dinámica, carga estática y momentos permisibles, parámetros fundamentales para evaluar su capacidad de soportar esfuerzos en aplicaciones de movimiento lineal. Estas especificaciones permiten confirmar que el componente cumple con los requerimientos mecánicos de la aplicación propuesta, siendo una opción adecuada para garantizar un funcionamiento confiable y duradero del sistema.

**Figura 23**

*Datos técnicos-Bloque HG20.*

Load ratings and torques			
$C_{dyn}$	Dynamic load rating	32.700	N
$C_0$	Static load rating	47.960	N
$M_{0x}$	Static moment	350	Nm
$M_{0y}$	Static moment	480	Nm
$M_{0z}$	Static moment	480	Nm

**Nota:** Especificaciones técnicas del bloque lineal HGH20HAZAH, las cuales confirman que su capacidad de carga y resistencia lo hacen adecuado para la aplicación requerida. Tomado de HIWIN Technologies Corp. (2025).

### 5.2.10. Rodamiento

En el diseño de la cortadora automática se ha empleado mayoritariamente el rodamiento 608, debido a que sus características técnicas se ajustan adecuadamente a los requerimientos del sistema. Este rodamiento, de uso común y fácil adquisición en el mercado, permite una rotación suave y confiable en aplicaciones con cargas moderadas y velocidades medias, como las que se presentan en los mecanismos móviles de la cortadora. Con un diámetro interno de 8mm, diámetro externo de 22mm y un ancho de 7mm, el rodamiento 608 ofrece la capacidad de carga radial necesaria para garantizar un movimiento eficiente y estable en los ejes o componentes rotatorios donde se ha instalado. Además, su estandarización facilita el mantenimiento y reposición en caso de desgaste.

### **5.2.11. Soldadura**

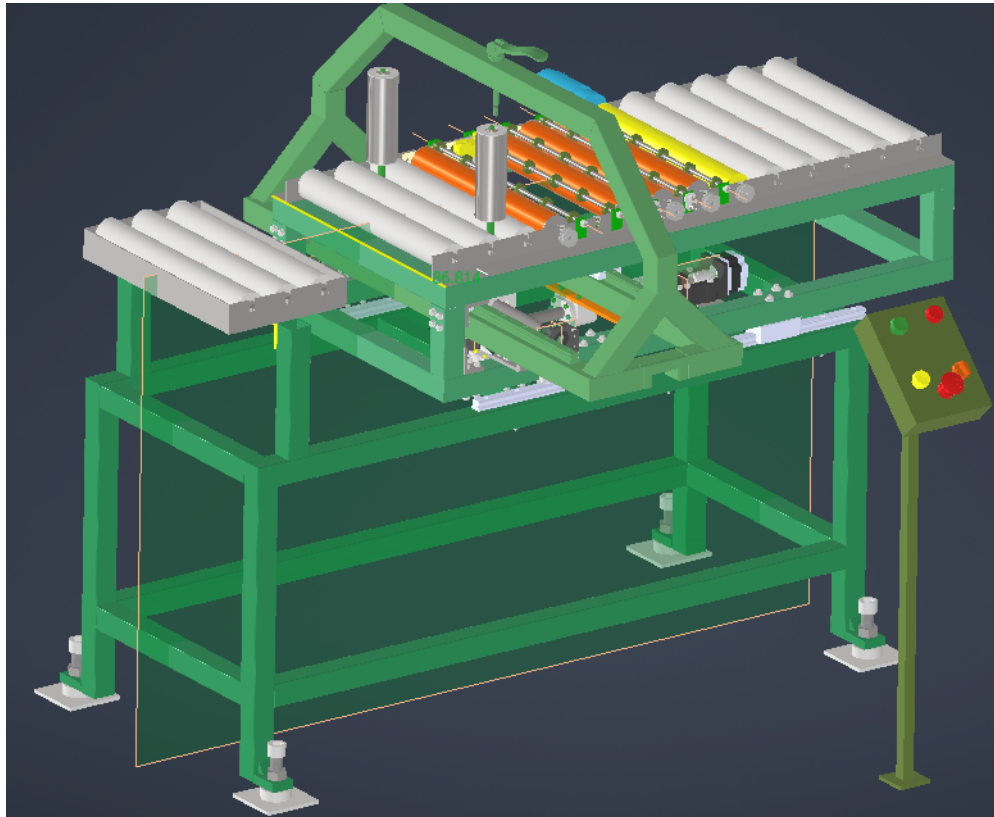
Para la formación de las estructuras principales del sistema, como la base, el carro transversal y el carro longitudinal, se emplea un proceso de soldadura MIG utilizando el alambre ER70S-6 de diámetro 0.9mm. Este tipo de soldadura va a ser adecuado para las aplicaciones estructurales debido a su buena penetración, su alta resistencia mecánica y su calidad del cordón. Los cordones aplicados van a presentar dimensiones promedio de 3x3 mm, lo cual va a garantizar una unión sólida y confiable entre los elementos metálicos. La longitud de los cordones varía en función del tipo y del tamaño de las uniones que se van a requerir, adaptándose a las condiciones específicas de cada componente.

### **5.2.12. Modelo final del sistema mecánico**

A continuación, en la Figura 24 se presenta el diseño mecánico final de la cortadora automática, en el cual se consolidan todos los elementos estructurales y funcionales desarrollados a lo largo del proyecto. Este diseño refleja las decisiones tomadas en cuanto a materiales, disposición de componentes, facilidad de mantenimiento y robustez para su implementación en un entorno de producción.

**Figura 24**

*Diseño mecánico de la cortadora.*



**Nota:** Diseño mecánico final de la cortadora automática, donde se observa la estructura principal, el sistema de accionamiento, la zona de corte y los elementos de soporte y guiado.

### **5.3. Sistema de control**

#### **5.3.1. Identificar las variables de control**

En el presente sistema automatizado de corte de ladrillos, se identifican las siguientes variables de control:

##### **Variables de entrada**

- LM0  
Este sensor permite saber la ubicación inicial de la estructura del carro longitudinal.
  
- LM1

Este sensor permite saber la ubicación final de la estructura del carro longitudinal.

- LM2

Este sensor permite saber la presencia del ladrillo para ser cortado.

- LM3

Este sensor permite saber la ubicación en la posición izquierda de la estructura del carro transversal.

- LM4

Este sensor permite saber la ubicación en la posición derecha de la estructura del carro transversal.

### **Variables de salida - Control**

- Motor 1

Este motor se encuentra posicionado a lo largo del eje X y tiene como función principal mover la estructura longitudinal del sistema, junto con todos los componentes que se encuentran anclados a ella. Su movimiento permite posicionar el sistema de corte en el lugar adecuado para iniciar el proceso, desplazando la herramienta o el sistema de soporte de manera precisa y controlada.

- Motor 2

Este motor está alineado en el eje Z pero realiza un movimiento en línea horizontal, ya que está montado sobre el carro longitudinal controlado por el Motor 1. Su función es desplazar lateralmente el mecanismo de corte, permitiendo que la herramienta se desplace sobre el ladrillo para efectuar el corte con precisión. Este movimiento está sincronizado con sensores de presencia para garantizar un corte eficaz y seguro.

- Motor 3

Este motor acciona un sistema de rodillos motorizados que se encuentran en la salida de la cortadora. Cuando el ladrillo cortado hace contacto con estos rodillos, el motor los activa para acelerar el desplazamiento del ladrillo hacia la zona de descarga o recolección. Este mecanismo facilita el flujo continuo del proceso al evitar acumulaciones, permitiendo que el ladrillo sea retirado fácilmente para su manipulación posterior por un operario o un sistema automático.

Estas variables permiten definir la lógica de funcionamiento del sistema en función del estado del proceso, habilitando o deshabilitando las acciones según la presencia del ladrillo y la posición del mecanismo.

### 5.3.2. Sistema de automatización

Para este sistema, optamos por La Raspberry Pi 3 Model B+, el cual es una microcomputadora de placa única donde actúa como el cerebro del sistema, coordinando sensores, motores (como el NEMA 23) y actuadores.

La elección de la Raspberry Pi 3B+ para este proyecto responde a la necesidad de contar con una plataforma mas robusta y versátil en comparación de un microcontrolador PIC. La Raspberry ofrece múltiples ventajas que justifican su uso:

- **Mayor robustez y potencia de procesamiento:** La Raspberry Pi 3B+ cuenta con un procesador ARM de cuatro núcleos a 1.4 GHz, que permite manejar tareas complejas y multitarea, algo que un microcontrolador de 8 bits y frecuencia mucho menor, no puede ofrecer.
- **Cantidad y variedad de puertos de comunicación:** A diferencia de un PIC, la Raspberry Pi incluye interfaces integradas como Ethernet, WiFi, USB, HDMI y múltiples pines GPIO, lo que permite conectar una amplia gama de dispositivos y sensores para la adquisición de datos y el control.
- **Capacidad para crear interfaces de usuario avanzadas:** Gracias a su sistema operativo Linux, la raspberry Pi es compatible con numerosas librerías para el desarrollo de interfaces gráficas, facilitando la creación de paneles de control visuales y amigables para el operador, algo que no es viable en un Pic sin recursos gráficos.
- **Flexibilidad y escalabilidad:** Aunque la Raspberry Pi 3B+ es un modelo algo antiguo, cumple adecuadamente con los requerimientos actuales del proyecto. Además, su arquitectura permite una fácil actualización futura a modelos más potentes como la Raspberry Pi 4 o 5, si se requiere mayor desempeño o funcionalidades adicionales.

### 5.3.3. Sensores y actuadores

Estos componentes son importantes para poder detectar la presencia y la posición de ladrillo, siendo la mejor opción para tener un mejor resultado al momento de querer detectar la posición del ladrillo.

El motor paso a paso 'NEMA 23 de 3A y 1.5 N · m (150 N · cm)' es una excelente opción para una cortadora de ladrillos automática debido a su combinación de torque, precisión y control. La razón principal para utilizar este motor como el motor principal de la cortadora es por una precisión en el posicionamiento y un control eficiente donde su configuración bipolar de 2 fases facilita el control mediante diversos estándares. Como complemento a este motor, utilizamos el 'Digital Stepper Motor Driver' el cual es un componente esencial en el sistema de automatización para la cortadora, ya que actúa como intermediario entre la Raspberry Pi y el motor NEMA 23, permitiendo un control preciso y eficiente del movimiento.

#### **5.3.4. Diseño del sistema de control**

El sistema de control automatizado para la cortadora de ladrillos opera bajo una secuencia lógica claramente definida que asegura la correcta ejecución de cada etapa del proceso. Esta lógica se implementa en la Raspberry Pi utilizando entradas digitales de sensores y salidas para controlar los motores, siguiendo los siguientes pasos:

##### **1. Encendido y puesta a cero**

El sistema inicia un proceso de encendido y puesta a cero ("encerar"), para lo cual es necesario presionar en secuencia el botón de inicio y el botón de home. Esto permite que el sistema se estabilice y posicione en su estado inicial de referencia.

##### **2. Habilitación del sensor de presencia:**

Una vez completada la puesta a cero, el sensor de presencia de ladrillo se activa, entrando en modo de espera para detectar la llegada de un nuevo ladrillo en la zona de corte.

##### **3. Movimiento del carro longitudinal (Motor 1):**

Cuando el sensor detecta el ladrillo, el motor 1 se activa en sentido horario para desplazar el carro longitudinalmente hacia fuera, iniciando la aproximación del sistema de corte.

##### **4. Accionamiento del motor de corte (Motor 2):**

Después de que el motor 1 haya completado su desplazamiento por un tiempo predefinido, el motor 2 se activa para mover el mecanismo de corte en dirección lateral (de izquierda a derecha), realizando el corte sobre el ladrillo.

##### **5. Accionamiento del motor de extracción (Motor 3):**

Al finalizar el movimiento del motor 2, este se detendrá y se enciende el motor 3, que acciona los rodillos encargados de acelerar el desplazamiento del ladrillo cortado hacia la zona de descarga.

#### **6. Retorno del carro longitudinal:**

Una vez transcurrido el tiempo de operación del motor 3, este se apaga y el motor 1 se activa en sentido inverso para retornar el carro a la posición inicial.

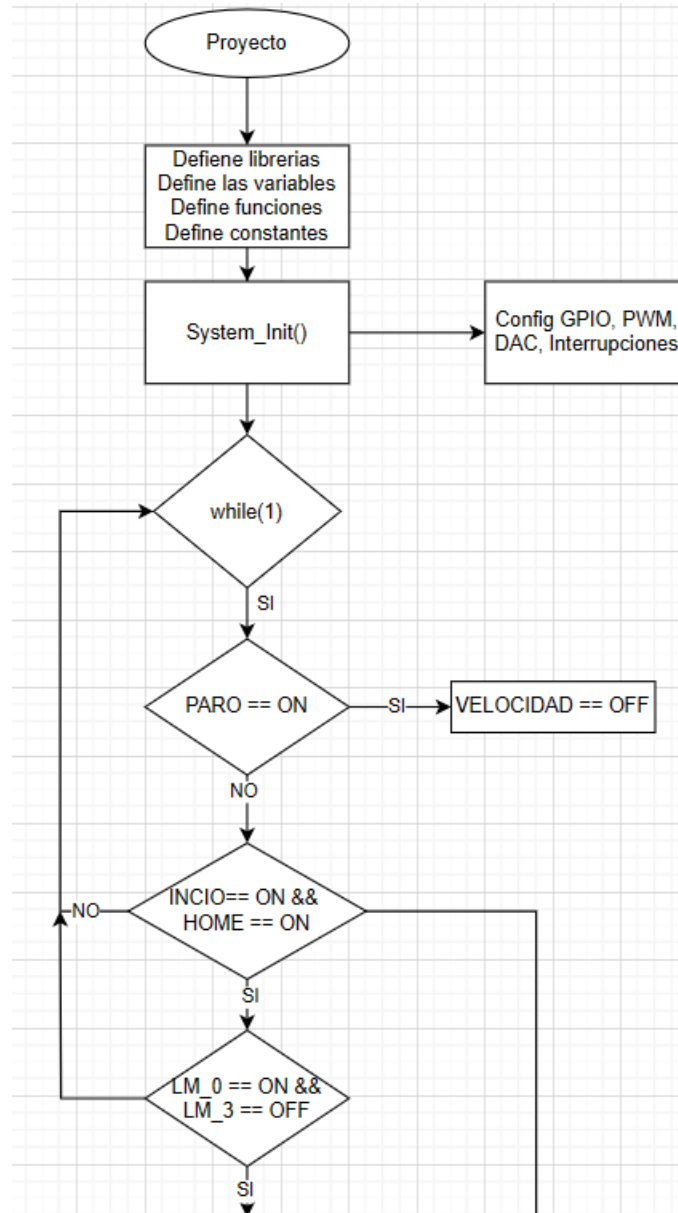
#### **7. Reinicio del ciclo:**

El sistema vuelve a esperar la detección del siguiente ladrillo para repetir el ciclo completo.

A continuación, se presenta el diagrama de flujo en la Figura 25 y en la Figura 26 que describe la lógica operativa del sistema de control implementado en la Raspberry Pi. Este diagrama muestra la secuencia de acciones desde la inicialización del sistema hasta la repetición del ciclo de corte de ladrillo, considerando la interacción entre sensores, motores y condiciones de operación.

**Figura 25**

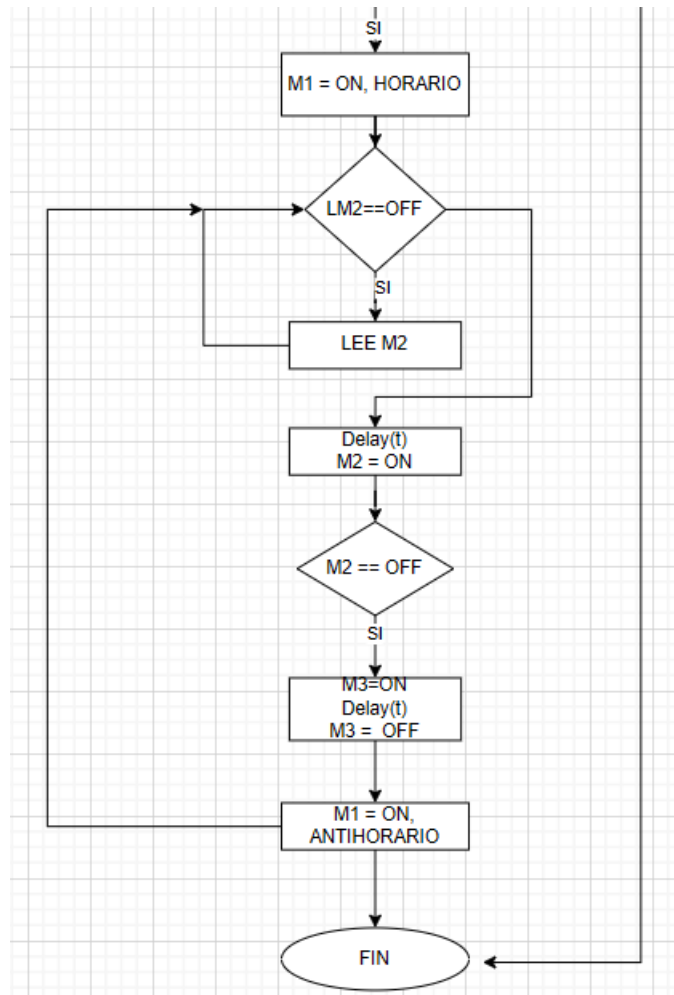
*Diagrama de flujo parte 1.*



**Nota:** Lógica de control representada en el diagrama de flujo.

**Figura 26**

*Diagrama de flujo parte 2.*



**Nota:** Lógica de control representada en el diagrama de flujo.

### 5.3.5. Estación de control

Para centralizar la operación y el mantenimiento del sistema, se incorpora un panel de control físico, que incluye los siguientes elementos:

- **Botón de encendido principal:**

Habilita la alimentación general del sistema, permitiendo que todos los componentes reciban energía.

- **Botón de emergencia:**

Desconecta inmediatamente la alimentación del sistema de potencia ante cualquier situación anómala o peligrosa. Este botón debe ser de tipo enclavado (latching), normalmente cerrado (NC) y estar conectado a la alimentación del sistema de motores para garantizar una parada segura.

- **Botón de inicio de ciclo (Start):**

Permite al operario iniciar el proceso de corte, una vez que el sistema se ha inicializado correctamente y esta en condiciones operativas.

- **Botón de home (puesta a cero):**

Ejecuta la rutina de referenciado, llevando el sistema a su posición inicial conocida para establecer el punto de origen de coordenadas.

- **Boto de paro:**

Deshabilita las salidas de control del Raspberry Pi y debe pulsarse antes de cambia al modo manual. Proporciona una parada controla del sistema sin cortar la alimentación.

- **Selector:**

Habilita el modo manual para operaciones de mantenimiento o limpieza. Al activarse, permite el control directo de los motores 1 y 2, deshabilitando toda la lógica programada en el Raspberry PI.

### **Indicadores Led**

- **LED de paro:**

Indica que el sistema ha sido detenido mediante el botón de paro correspondiente.

- **LED de inicio:**

Señaliza que el sistema ha sido iniciado y esta listo para continuar con el proceso seleccionado(modos manual o secuencia de puesta a cero).

- **Led Home:**

Se activa cuando la cortadora inicia su proceso de referenciado o puesta a cero, indicando que el sistema esta estableciendo su posición de origen.

- **Led Espera:**

Indicador intermitente que señala que el sensor de presencia ha sido habilitado y el sistema esta preparado para detectar la presencia de ladrillo.

- **Led Dirección:**

Muestra el sentido de giro del motor 1 según sus estado(ON/OFF), proporcionando información visual sobre la dirección de movimiento.

- **Led Modo manual** Indicador intermitente que se activa cuando el selector de modo ha sido accionado, confirmando que el sistema opera en modo manual.

- **Led Motor 3:**

Indica el estado de funcionamiento del motor 3(encendido/apagado).

### 5.3.6. Monitoreo y control

En este apartado se presenta una interfaz desarrollada en Node-RED que constituye el centro de control y monitoreo del sistema de corte. Esta plataforma digital permite al operario acceder de manera centralizada a información crítica del proceso productivo y realizar ciertas funciones de control remoto. La interfaz proporciona acceso en tiempo real a datos fundamentales para el control de la producción, incluyendo:

- **Contador de cortes realizados:** Registra el número total de piezas procesadas durante cada ciclo de producción
- **Tiempo de operación por producción:** Contabiliza las horas de funcionamiento activo de la máquina en cada sesión de trabajo
- **Horas totales de operación:** Mantiene un registro acumulativo del tiempo total de funcionamiento del equipo

Estos datos son esenciales para implementar un sistema de mantenimiento preventivo, ya que permiten generar alertas automáticas cuando se alcanzan los intervalos de tiempo programados para las tareas de mantenimiento. En la Figura 27 se presenta un Menú de opciones principales en el cual vamos a poder monitorear las variables que nos interesen que principalmente será tiempo de operación, estado de la máquina y número de cortes realizados.

## Figura 27

*Botones principales en la interfaz de Node-RED*



**Nota:** Ventana principal en la interfaz de Node-RED

### **Control Remoto y Seguridad**

Por razones de seguridad operacional, la interfaz permite únicamente el control remoto del botón de emergencia. Los controles críticos como inicio y reset mantienen su operación exclusivamente desde el panel físico, garantizando así que el operario tenga control directo sobre estas funciones esenciales en el área de trabajo.

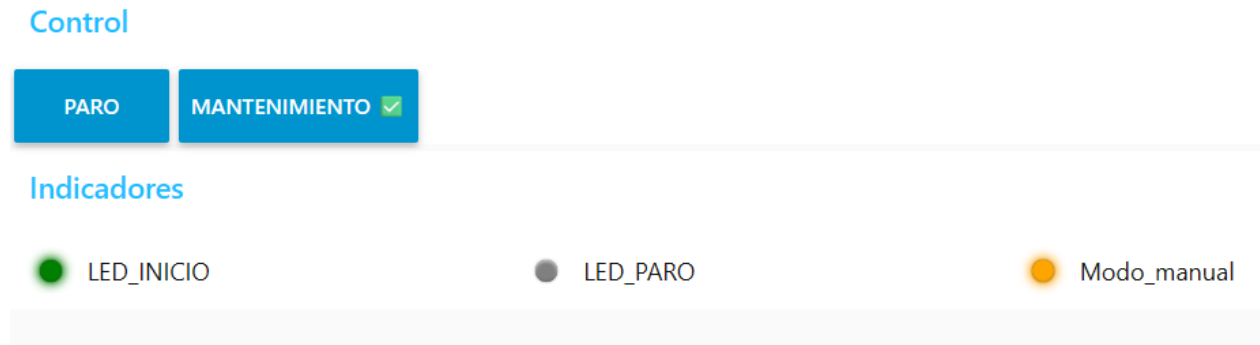
### **Gestión de Mantenimiento**

La interfaz incluye un botón de **Mantenimiento** que cumple una función importante en el ciclo de mantenimiento preventivo. Una vez que se ha ejecutado el mantenimiento programado tras la activación de una alerta, el técnico puede accionar este botón para, esto se puede observar de mejor manera en la Figura 28.

- Reiniciar el contador de horas de operación
- Restablecer el sistema de alertas de mantenimiento
- Registrar la fecha y hora del mantenimiento realizado

## Figura 28

Sección de control en la interfaz realizada en Node-RED.



**Nota:** Pulsantes de control desde Node-RED.

### Sistema de registro y análisis

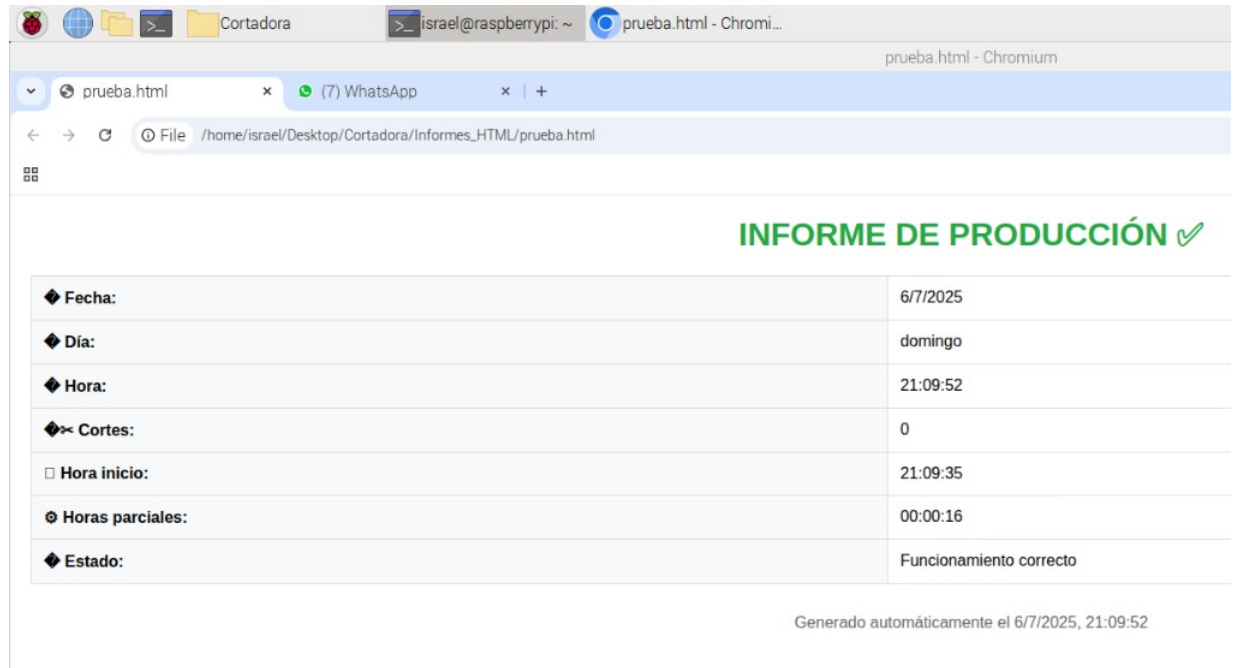
Para facilitar el análisis de productividad y rendimiento, la interfaz incorpora un sistema de registro que documenta todas las variables de producción como se puede observar en la Figura 29. Este sistema permite:

#### a) Funciones de reporte

- Botón de informe: Genera reportes completos con todos los datos registrados, permitiendo análisis detallados de rendimiento
- Botón de historial: Muestra la actividad de las últimas 8 producciones, ofreciendo una vista rápida del desempeño reciente
- Botón HTML: Al pulsar este botón, se genera un archivo HTML como se puede observar en la Figura 3 en una ubicación específica de la computadora (en este caso, en la Raspberry Pi). Este archivo contiene una descripción detallada de los datos de la cortadora. Su propósito es facilitar la impresión en formato PDF, permitiendo así su uso en tareas de mantenimiento o como respaldo para trámites administrativos.

**Figura 29**

*Archivo HTML generado desde Node-RED.*



**Nota:** Imagen del archivo HTML generado automáticamente desde Node-RED. Este archivo contiene los datos operativos de la cortadora y puede ser exportado como PDF para su uso en mantenimiento o documentación técnica.

**Figura 30**

*Sección de Informes en Noder-RED.*

### Control\_informes



**Nota:** Apartado en la sección de Informes para generar un informe o revisar el historial.

#### b) Historial de Producciones

- Almacena datos de cada ciclo productivo realizado en la cortadora
- Facilita el análisis de tendencias de producción semanal, mensual y por períodos personalizados
- Proporciona métricas para optimización de procesos

Además, esta sección incluye botones para suprimir el historial almacenado (VACIAR) y para generar el informe en formato PDF (GENERAR PDF), lo cual resulta útil principalmente durante las tareas de mantenimiento de la máquina, como se puede observar en la Figura 31.

### Figura 31

Sección de Informes/Historial en Node-RED.

#### Historial

No.	Fecha	Día	Hora	Cortes	Inicio	Horas Totales	Estado
1	6/7/2025	domingo	21:44:14	2	21:43:51	00:00:22	<input checked="" type="checkbox"/> OK

Total de informes en memoria: 1

VACIAR

**Nota:** Apartado en el cual se muestra el historial de operación de la cortadora y sus datos principales.

#### c) Integración con Panel Físico

La interfaz mantiene sincronización en tiempo real con el panel de control físico mediante comunicación MQTT y en la interfaz de Node-RED como se observa en la Figura 32. Los indicadores digitales reflejan el estado actual de:

- Botón de inicio
- Botón de paro
- Selector de modo manual

## Figura 32

*Sección de indicadores del estado la máquina.*

### Indicadores

● LED\_INICIO

● LED\_PARO

● Modo\_manual

**Nota:** Indicadores en sincronización con el panel físico de la cortadora.

- d) **Ubicación y acceso** Esta interfaz estará disponible en una estación de control centralizada, permitiendo la supervisión y gestión del sistema de corte desde un punto estratégico de la planta, facilitando tanto las operaciones rutinarias como las tareas de supervisión y mantenimiento.

### Coordinación de velocidad- motor a combustión

Las velocidades de los motores de la cortadora serán variables, ya que el eje del extrusor está impulsado por un motor a combustión, lo que provoca que el avance en la extrusión de la masa del ladrillo también sea variable. Por esta razón, es necesario coordinar o relacionar la velocidad del extrusor (sin fin) con la velocidad de los motores 1 y 2, de modo que cumplan correctamente su función de corte, evitando cualquier adelanto o retraso en el proceso de corte. Para resolver este conflicto, se plantea sensar la velocidad del eje del sinfín utilizando un sensor inductivo. Este sensor generará pulsos en función del movimiento del eje, los cuales serán recibidos por la Raspberry Pi. A partir de estos pulsos, se realizará una operación que permita contabilizarlos en cada intervalo de tiempo y guardarlos en una variable, como se muestra en el siguiente código.

```
import RPi.GPIO as GPIO
import time
```

```
PIN_SENSOR = 2
VELOCIDAD_N = 0
```

```
GPIO.setmode(GPIO.BCM)
GPIO.setup(PIN_SENSOR, GPIO.IN, pull_up_down=GPIO.PUD_UP)
```

```

try:
    while True:
        pulsos = 0
        tiempo_inicio = time.time()
        tiempo_final = tiempo_inicio + 1 # medir durante 1 segundo

        estado_anterior = GPIO.input(PIN_SENSOR)

        while time.time() < tiempo_final:
            estado_actual = GPIO.input(PIN_SENSOR)
            # Detectar flanco de bajada (1 -> 0)
            if estado_anterior == 1 and estado_actual == 0:
                pulsos += 1
            estado_anterior = estado_actual

        VELOCIDAD_N = pulsos
        print(f"VelocidadN = {VELOCIDAD_N}")

except KeyboardInterrupt:
    print("Programa terminado por el usuario.")

finally:
    GPIO.cleanup()

```

### 5.3.7. Seguridad Eléctrica y Sistema de Alimentación

El diseño eléctrico del sistema considera tanto la correcta alimentación de todos los componentes como la implementación de medidas de seguridad para proteger los circuitos de control y potencia.

- a) El sistema requiere dos niveles de voltaje, los cuales están separados para evitar interferencias y proteger la lógica de control:

**Fuente de 5V:** Utilizada para alimentar la Raspberry Pi y los módulos de entrada/salida (sensores y relés). Esta fuente puede provenir de un adaptador USB dedicado o de un

regulador 5V con aislamiento desde una fuente de mayor voltaje.

**Fuente de 24V:** Utilizada exclusivamente para los motores de potencia. Este voltaje permite un par motor suficiente para el movimiento de la estructura de corte, así como de los rodillos de extracción. La fuente debe ser capaz de suministrar la corriente máxima requerida por todos los motores trabajando simultáneamente.

- b) Aislamiento entre sistemas:** Para evitar que los picos de voltaje generados por los motores dañen la Raspberry Pi, se implementan las siguientes protecciones:

Relés con optoacoplador o drivers con aislamiento lógico: Separan físicamente la lógica de control (Raspberry Pi) de los circuitos de potencia (motores).

Fusibles de protección: Se colocan tanto en la entrada de la fuente de 24V como en la alimentación general del sistema, dimensionados según la corriente máxima esperada.

Filtro LC o varistores: En caso de ser necesario, se pueden agregar para eliminar picos de ruido o transitorios en la alimentación de 5V.

### 5.3.8. Tipo de conductor

Según Home Eléctrico (2024), el cable **multifilar** presenta características que lo hacen ideal para aplicaciones industriales: mayor flexibilidad estructural debido a sus múltiples hilos delgados de cobre trenzados", resistencia a vibraciones y movimientos constantes, mejor capacidad de disipación térmica, y facilidad de instalación en espacios con curvas o movimiento. Las características que especificas que se analizan son las siguientes:

#### 1. Vibraciones constantes

En la cortadora de ladrillo genera vibraciones mecánica intensas durante el corte de manera que este conductor tiene la capacidad de resistir menor a la fatiga por flexión repetida que el cable rígido.

#### 2. Ambiente Industrial Severo

Al estar en un ambiente de polvo de ladrillo y humedad, este conductor mantiene mejor la conductividad eléctrica bajo estas condiciones.

#### 3. Menor resistencia

Para la misma sección, el cobre tiene menor resistencia en comparación con el aluminio, en 24VDC cada volt perdido afecta significativamente el rendimiento.

#### 4. Aislamiento

El material de aislamiento que se propone usar es de PVC(Policloruro de Vinilo), que resulta ideal para la aplicación que se realiza.

Adicional a esto, de acuerdo con elInternational Electrotechnical Commission (IEC) (s.f.) la **flexibilidad** del conductor estará definido por el la norma IEC 60228 que se relaciona con la Clase 5.

#### 5.3.9. Calibre

La correcta selección de los conductores eléctricos es fundamental para garantizar la seguridad, eficacia y fiabilidad del sistema. De acuerdo con PowerStream (s.f.), es posible determinar el calibre adecuado del conductor considerando parámetros como la corriente, la longitud del cableado, y el tipo de carga conectada.

**Tabla 2**

*Calibres de conductores.*

Calibre AWG	d conductor (mm)	A max	Sección (mm <sup>2</sup> )
16	1.29	3.7	1.31
17	1.15	2.9	1.04
18	1.02	2.3	0.82
24	0.81	0.57	0.205

**Nota:** Los datos presentados han sido tomados de PowerStream (s.f.)

**La formula aplicada para la conversión de 1 mil circular a una sección es la siguiente.**

$$1 \text{ mil circular} \approx 5.067 \times 10^{-4} \text{ mm}^2$$

#### 5.3.10. Conductores de alimentación

Datos de Motor paso a paso

1. **Fases:** 2

2. Voltaje nominal: 24VDC

3. Corriente: 3A

### Figura 33

*Calculo calibre del conductor de alimentación.*

Seleccione cobre o aluminio

Seleccione el tamaño del calibre de cable americano (AWG)

Seleccionar voltaje

Ingrese la longitud del circuito unidireccional en pies (el cálculo es para la distancia de ida y vuelta)

Introduzca la carga en amperios

Caída de tensión

Voltaje en el extremo de carga del circuito

Porcentaje de caída de tensión

Sección transversal del cable en milésimas de pulgada circulares

**Nota:** En la figura se puede observar el calculo del calibre, tomado de (PowerStream, s.f.).

En la Figura 33, se utiliza una distancia de 12 pies, equivalente a 4 metros. Esta longitud

se toma como referencia, ya que representa una aproximación máxima de la longitud del conductor empleado.

Para obtener la sección necesaria que cumple con los requisitos de calibre de nuestro conductor, realizamos la siguiente operación.

$$2560 \text{ mil circulares} = 2560 \times 5.067 \times 10^{-4} \text{ mm}^2 \approx 1.30 \text{ mm}^2$$

Ahora, considerando este resultado podemos justificar la elección del calibre AWG16 debido a que cumple con los parámetros propuestos inicialmente y es muy próximo a la respuesta obtenida, como se puede observar en la Tabla 2.

### **5.3.11. Conductores de señales**

A continuación, se desarrollaran el mismo proceso metodológico aplicado previamente para la selección del conductor, pero adaptando características y requerimientos de los circuitos de señales de 3.3V.

#### **Datos**

- Voltaje: 3.3V
- Corriente : Hasta 50mA, 16mA por pin(Raspberry)
- Resistencia

**Figura 34**

*Cálculo calibre del conductor de señal.*

Seleccione cobre o aluminio

Seleccione el tamaño del calibre de cable americano (AWG)

Seleccionar voltaje

Ingrese la longitud del circuito unidireccional en pies (el cálculo es para la distancia de ida y vuelta)

Introduzca la carga en amperios

Caída de tensión

Voltaje en el extremo de carga del circuito

Porcentaje de caída de tensión

Sección transversal del cable en milésimas de pulgada circulares

**Nota:** En la figura se puede observar el cálculo del calibre, tomado de (PowerStream, s.f.).

Para obtener la sección necesaria que cumple con los requisitos de calibre de nuestro conductor de señales, realizamos la siguiente operación.

$$404 \text{ mil circulares} = 404 \times 5.067 \times 10^{-4} \text{ mm}^2 \approx 0.22 \text{ mm}^2$$

En la Figura 34 se observa los datos calculados para una alimentación de 3V, valor usado en nuestro caso.

## **5.4. Análisis del costo de la cortadora**

### **5.4.1. Costos en el mercado**

A continuación se presentan las Tablas 3 y 4, que muestran los costos aproximados de los componentes disponibles en el mercado local. Esta información servirá posteriormente para estimar el valor total de la cortadora, en función de las cantidades de materiales utilizadas.

**Tabla 3**

*Lista de componentes y precios estimados para la fabricación.*

<b>Elemento</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Especificación</b>	<b>Precio (USD)</b>
Guías HG20CC	1	1m	83.76
Patín HG20CC	4	—	35.94
Husillo de bolas SFU2005+BK/BF 15	1	500 mm	133.48
Tuerca SFU2005	1	—	15.2
Nema 23 1.5Nm/24VDC/3A	1	720rpms	50
Nema 23 1.2Nm/24VDC/3A	1	720rpms	40
Motor reductor 1.5Nm/2A	1	30rpms	55
Polea dentada-5MGT2	5	16dientes	25
Banda GT2 6mm	1	1m	5
Platina de 1"1/2×1/4	1	1m	13.38
Tubo cuadrado 40x1.2	1	20m	53.3
Angulo 40x3	1	2m	25
Tubo redondo inox de 2"×1.2 mm	1	2m	17.66
Tubo cédula 40. D:3/4	1	6m	11
Cubo de grilon 40x8mm	1	1m	30
Plancha e=1.5	1	1m <sup>2</sup>	60
Acero de trans. D: 3/8	1	6m	12
Acero de trans. D: 1/2	1	6m	12

**Nota:** Esta tabla presenta la estimación de los costos basada en la cotización dada en los locales de la ciudad de Cuenca y cotizaciones en línea.

**Tabla 4***Lista de componentes y precios estimados.*

<b>Elemento</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Especificación</b>	<b>Precio (USD)</b>
Eje. D: 8	Acero inoxidable	1m	15
Rodamientos ISO 608	1	—	2.35
Rodamientos ISO 626	1	—	0.5
Rodamientos ISO 30302	1	—	6
Tuercas M8 inox	1	—	0.11
Arandelas d8	2	—	0.40
Pernos M6-M8 inox	20	—	9.99
Pernos M4 inox	4	4	0.75
Fondo anticorrosivo	1	gl	27.5
Pintura sintético automotriz	1	gl	25.36

**Nota:** Esta tabla presenta la estimación de los costos basada en la cotización dada en los locales de la ciudad de Cuenca y cotizaciones en línea.

## **6. Resultados**

### **6.1. Simulación de esfuerzos**

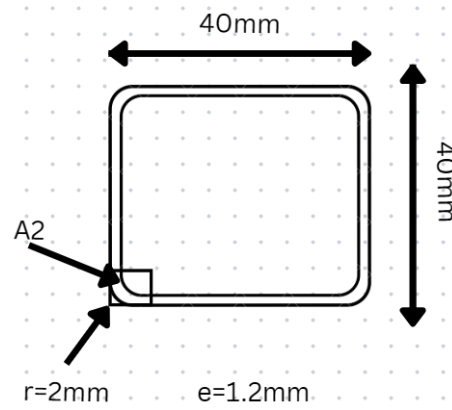
Para garantizar la resistencia estructural de los componentes de la cortadora automática, se realizó una simulación de esfuerzos mediante análisis por elementos finitos. Esta simulación permite evaluar cómo responde el diseño ante las cargas a las que estará sometido durante su operación.

#### **6.1.1. Cálculo realizado para obtener la masa del Carro Transversal**

A continuación, se presenta un cálculo del peso aproximado del carro transversal y lo comparamos con los datos obtenidos por el cálculo automático generado por el software Inventor.

**Figura 35**

*Sección del perfil cuadrado.*



**Nota:** En la figura se puede observar la sección a calcular el área para posteriormente calcular el volumen.

### Área exterior

$$A1 = 0,04 \times 0,04 = 1,6 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$A2 = 4 \times r^2 = 16 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$A3 = ((\pi \times r^2)/4) \times 4 = 12,5 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$A' = 1,6 \times 10^{-3} + 16 \times 10^{-6} + 12,5 \times 10^{-6} = 1,6 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

### Área interior

$$A1 = 0,0376 \times 0,0376 = 1,41 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$A2 = 4 \times 0,8^2 = 2,56 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$A3 = ((\pi \times r^2)/4) \times 4 = 2 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$A'' = 1,41 \times 10^{-3} + 2,56 \times 10^{-6} + 2 \times 10^{-6} = 1,4 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

### Área

$$A = A' - A''$$

$$A = 1,6 \times 10^{-3} - 1,4 \times 10^{-3} = 0,2 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

### Volumen

La longitud de material que requiere esta estructura es de 3674mm, por lo que obtenemos el siguiente resultado:

$$V = 0,2 \times 10^{-3} \text{m}^2 \times 3,674 \text{m}$$

$$V = 0,734 \times 10^{-3} \text{m}^3$$

### Masa

Para finalizar, utilizamos el valor de la densidad del material de Acero dulce, y obtenemos la masa de la estructura.

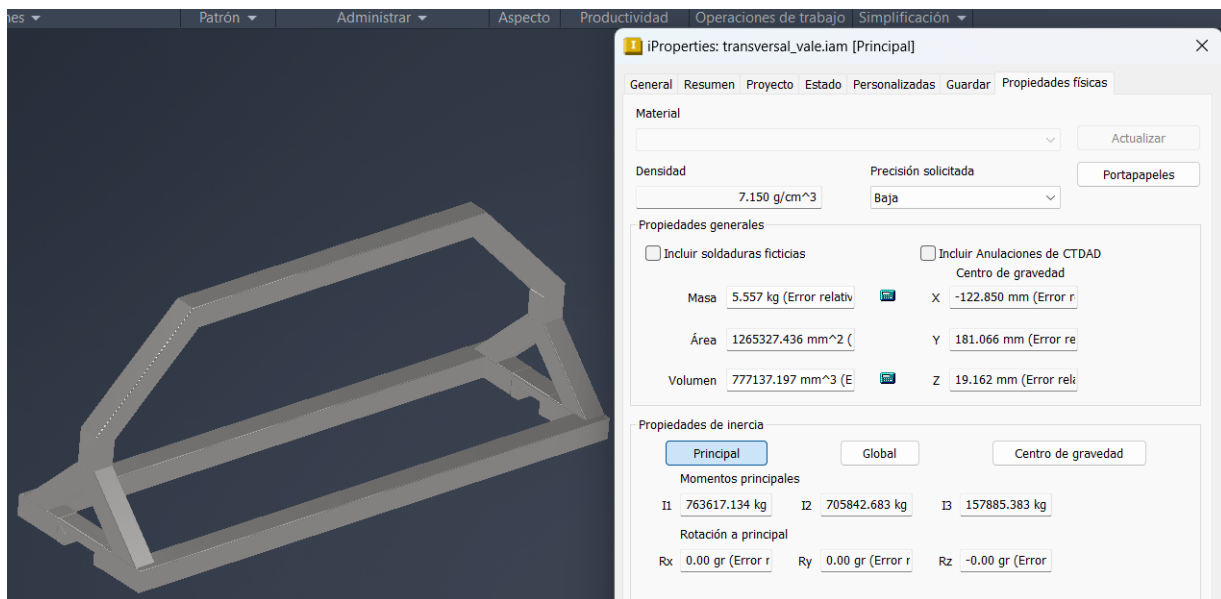
$$d = 7800 \text{kg/m}^3$$

$$m = 0,734 \times 10^{-3} \text{m}^3 \times 7800 \text{kg/m}^3$$

$$m = 5,72 \text{kg}$$

### Figura 36

*Peso obtenido del Carro transversal.*



**Nota:** En la figura se puede observar los datos obtenidos de Inventor.

En la Figura 36 se muestra una captura del software Inventor donde se presenta el peso del material calculado por el programa, el cual se utiliza como referencia para comparar con el valor obtenido mediante cálculos matemáticos, evidenciando una correlación entre ambos métodos

con diferencias mínimas que se encuentran dentro del rango de tolerancia aceptable para este tipo de análisis estructural. Los resultados obtenidos para cada componente estructural de la cortadora se presentan de manera sistemática en la Tabla 5, donde se consolidan los datos técnicos relevantes que servirán como base para las evaluaciones posteriores de resistencia, deformación y factor de seguridad del sistema completo.

**Tabla 5**

*Datos técnicos para la simulación de esfuerzos.*

<b>Cargas</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidades</b>
masa	Ladrillo extruido	15kg
masa	Base	18kg
masa	Carro longitudinal	9kg
masa	Carro transversal	6kg
masa	Ángulos con rodillos ensamblados	12kg
Fuerza	Fuerza en el Carro transversal para realizar el corte	70N
Torque	Torque aplicado para la tension del alambre de corte	2.5N*m

**Nota:** En la presente tabla se recopilan los principales datos técnicos del sistema mecánico de la cortadora automática, los cuales se utilizarán como base para realizar simulaciones de esfuerzo mediante software de análisis por elementos finitos (FEA).

### 6.1.2. Datos de los materiales

En la Tabla 6 se presentan las propiedades mecánicas de los materiales que se utilizarán en los componentes principales de la cortadora: la base, el carro longitudinal, el carro transversal y los ángulos laterales que contienen a los rodillos. Adicional a este material se presenta en la Tabla 7 las características del acero inoxidable utilizado en los rodillos. Estos datos son fundamentales para la configuración de los parámetros en el software de análisis de esfuerzos y posteriormente para el dimensionamiento adecuado de cada parte del sistema.

**Tabla 6***Datos del Acero dulce.*

<b>Propiedades</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidades</b>
Esfuerzo de fluencia	290	MPa
Esfuerzo ultimo 1	740	MPa
Modulo de elasticidad (E)	193	GPa
Densidad	7800	kg/m <sup>3</sup>
Coefficiente de Poisson(V)	0.30	–

**Nota:** La siguiente tabla presenta las propiedades mecánicas de los materiales empleados en la estructura de la cortadora, incluyendo el esfuerzo de fluencia, esfuerzo último, módulo de elasticidad, densidad y coeficiente de Poisson.

**Tabla 7***Datos del Acero AISI 52100/GCr15*

<b>Propiedades</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidades</b>
Esfuerzo de fluencia	400	MPa
Esfuerzo ultimo de tensión	700	MPa
Modulo de elasticidad (E)	200	GPa
Densidad	7800	kg/m <sup>3</sup>
Coefficiente de Poisson(V)	0.30	–

**Nota:** La siguiente tabla presenta las propiedades mecánicas de los materiales empleados en la estructura de la cortadora, incluyendo el esfuerzo de fluencia, esfuerzo último, módulo de elasticidad, densidad y coeficiente de Poisson de las guías lineales usadas en el diseño.

Para analizar cada uno de los elementos de la cortadora, se verificará si las dimensiones propuestas para la estructura son adecuadas. Esto se hará aplicando la siguiente fórmula, la cual considera las propiedades del material y los resultados obtenidos en las simulaciones realizadas para cada componente. A continuación se presenta la formula del **Factor de seguridad estático**, la cual permitirá evaluar si existe riesgo de fallo por esfuerzos:

$$F_s = \frac{\sigma_y}{\sigma'} \quad \text{si } F_s > 1 \Rightarrow \text{no hay fallo}$$

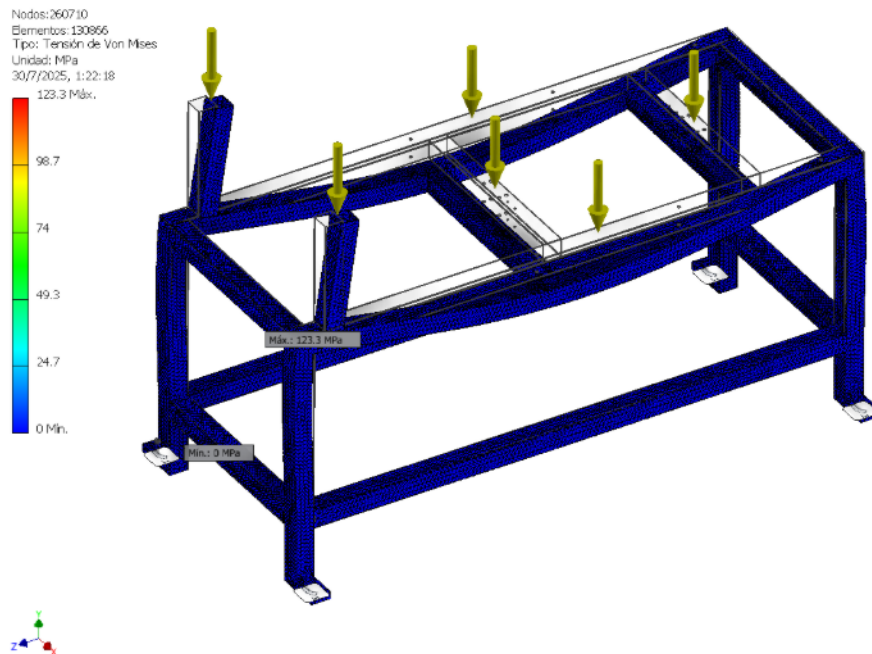
- $\sigma_y$ : Esfuerzo de Von Mises(simulación).
- $\sigma'$ : Esfuerzo de fluencia del material.
- $F_s$ : Factor de seguridad.

Con estas formulas de respaldo se procede a realizar el cálculo manual y la verificación con los resultados obtenidos en las simulaciones.

### 6.1.3. Simulación de esfuerzos - Base

**Figura 37**

*Simulación de esfuerzos.*



**Nota:** Análisis de esfuerzos -Base.

**Cálculo**

A partir del valor obtenido en la simulación de esfuerzos específicamente el esfuerzo de Von Mises mostrado en la Figura 37, se realizó un cálculo matemático para determinar si existe o no fallo, de acuerdo con la fórmula del factor de seguridad estático presentada anteriormente.

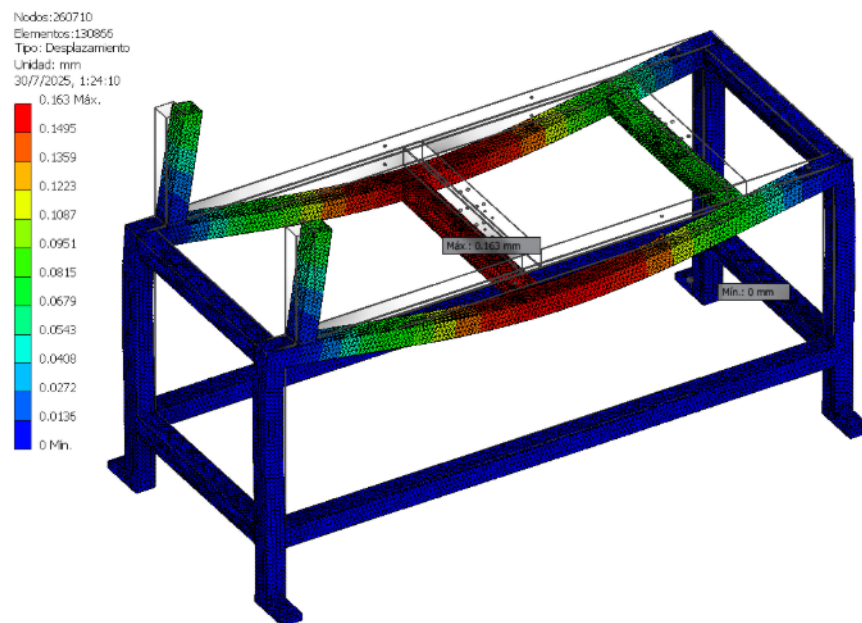
- Esfuerzo de Von Mises: 123.4MPa
- Esfuerzo de fluencia: 290MPa

$$F_s = \frac{290}{123.3} = 2.35 > 1$$

El diseño propuesto para la base de la cortadora no presenta ningún riesgo de falla, y la deformación al soportar las cargas correspondientes es mínima como se observa en la Figura 38.

**Figura 38**

*Simulación de esfuerzos.*



**Nota:** Distribución de la deformación en la base obtenida mediante simulación. La imagen muestra las zonas de mayor y menor desplazamiento bajo la carga aplicada, lo que permite identificar áreas críticas en términos de rigidez estructural.

Para respaldar la simulación del esfuerzo, se realizaron cálculos de esfuerzo.

### **Base de la cortadora**

$$m = 60 \text{ kg} \quad (1)$$

$$F = m \cdot g = 60 \cdot 9.81 = 588.6 \text{ N} \quad (2)$$

Longitud de la base:

$$L = 1196 \text{ mm} = 1.196 \text{ m} \quad (3)$$

Momento flector máximo:

$$M = \frac{F \cdot L}{4} = \frac{588.6 \cdot 1.196}{4} = 175.99 \text{ Nm} \quad (4)$$

Momento de inercia:

$$I = \frac{1}{12}(bh^3 - b_i h_i^3) = \frac{1}{12}(0.04 \cdot 0.04^3 - 0.034 \cdot 0.034^3) = 1.76 \times 10^{-8} \text{ m}^4 \quad (5)$$

Fibra neutra:

$$y = \frac{0.04}{2} = 0.02 \text{ m} \quad (6)$$

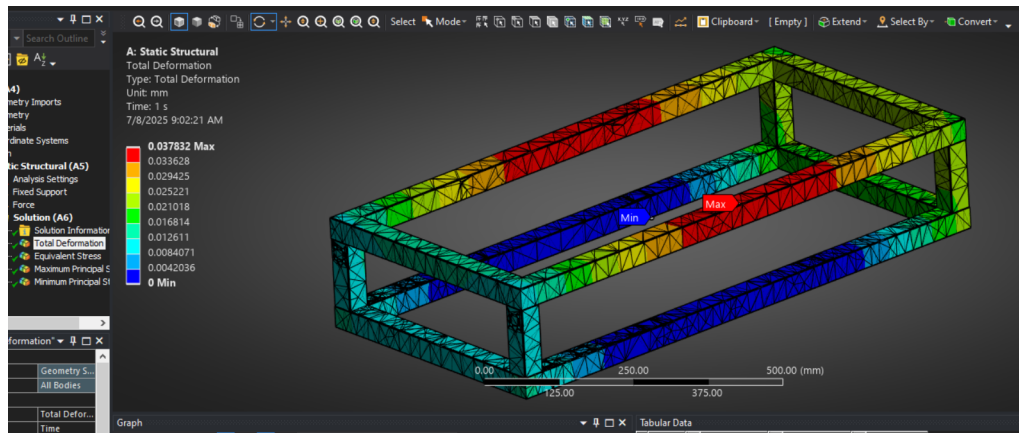
Esfuerzo de flexión:

$$\sigma = \frac{M \cdot y}{I} = \frac{175.99 \cdot 0.02}{1.76 \times 10^{-8}} = 200 \text{ MPa} \quad (7)$$

#### 6.1.4. Simulación de esfuerzos - Carro longitudinal

Figura 39

*Simulación de esfuerzos.*



**Nota:** Análisis de esfuerzos -Carro longitudinal.

En la Figura 39 se presenta el resultado del análisis por elementos finitos del carro longitudinal, donde se observa que la deformación total del componente es mínima ante la carga aplicada. Esta baja deformación indica que el comportamiento estructural se mantiene dentro del rango elástico del material, sin comprometer la integridad de la geometría ni provocar fallas visibles. Esto sugiere que el diseño es estructuralmente estable y seguro bajo las condiciones de carga evaluadas.

$$F_s = \frac{\sigma_y}{\sigma'}$$

De la misma manera se puede observar de acuerdo a la formula del factor de seguridad que no existe fallo en esta estructura.

Para poder verificar la simulacion de esfuerzo, se hicieron los siguientes cálculos de esfuerzo.

**Carro longitudinal**

$$m = 42 \text{ kg} \quad (8)$$

$$F = m \cdot g = 42 \cdot 9.81 = 412.02 \text{ N} \quad (9)$$

$$L = 1000 \text{ mm} = 1 \text{ m} \quad (10)$$

Momento flector:

$$M = \frac{F \cdot L}{4} = \frac{412.02 \cdot 1}{4} = 103.05 \text{ Nm} \quad (11)$$

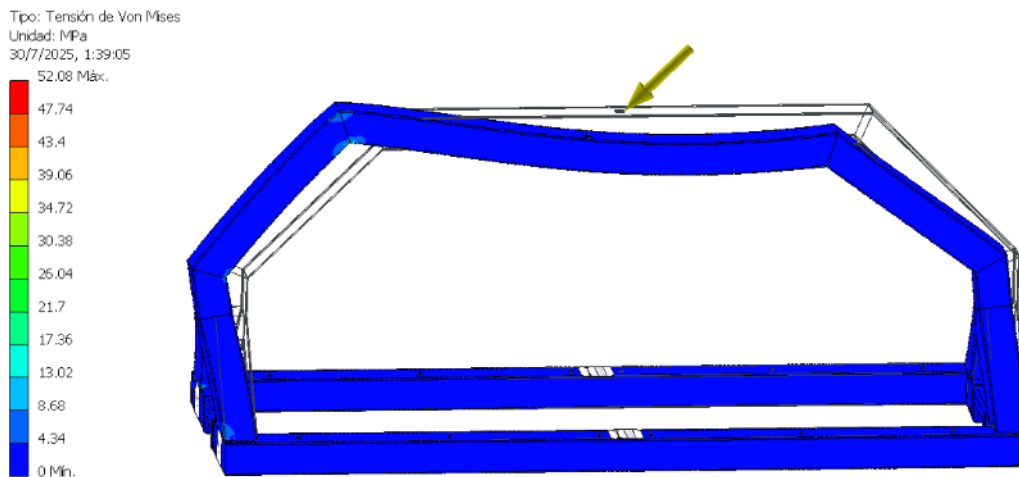
Esfuerzo de flexión:

$$\sigma = \frac{M \cdot y}{I} = \frac{103.05 \cdot 0.02}{1.76 \times 10^{-8}} = 117.10 \text{ MPa} \quad (12)$$

### 6.1.5. Simulación de esfuerzos - Carro transversal

**Figura 40**

*Simulación de esfuerzos estático.*



**Nota:** Análisis de esfuerzos -Carro transversal.

### Cálculo

A partir del valor obtenido en la simulación de esfuerzos específicamente el esfuerzo de Von Mises mostrado en la Figura 40, se realizó un cálculo matemático para determinar si existe o no fallo, de acuerdo con la fórmula del factor de seguridad estático presentada anteriormente.

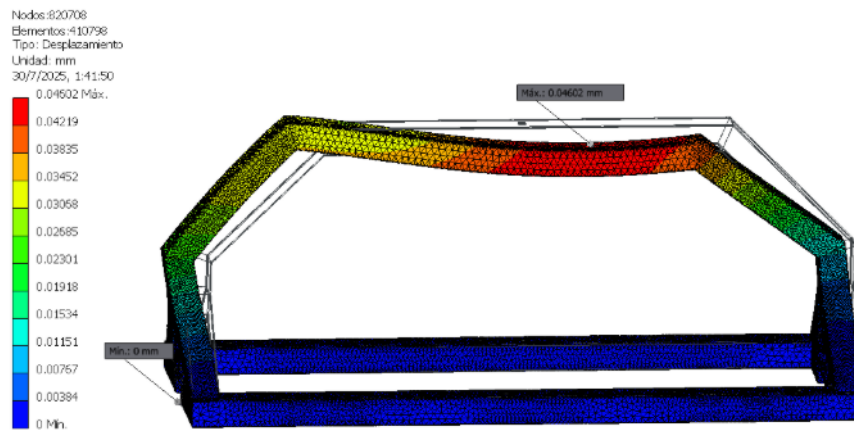
- Esfuerzo de Von Mises: 52.08 4MPa
- Esfuerzo de fluencia: 290 MPa

$$F_s = \frac{290}{52.08} = 5.57 > 1$$

El diseño propuesto para el carro transversal no presenta ningún riesgo de falla, y la deformación al soportar el alambre templado (fuerza de tensión) las cargas correspondientes es mínima como se observa en la Figura 41.

**Figura 41**

*Simulación de esfuerzos.*



**Nota:** Deformación del carro transversal obtenida mediante simulación en software. Se observan los desplazamientos generados por las cargas aplicadas, permitiendo evaluar el comportamiento estructural del componente y verificar su rigidez ante esfuerzos operativos.

Para verificar la simulación del esfuerzo, se realizaron los cálculos de esfuerzo

**Carro transversal**

$$m = 6 \text{ kg} \tag{13}$$

$$F \approx 70 \text{ N} \tag{14}$$

Momento flector:

$$M = 2.5 \text{ Nm} \tag{15}$$

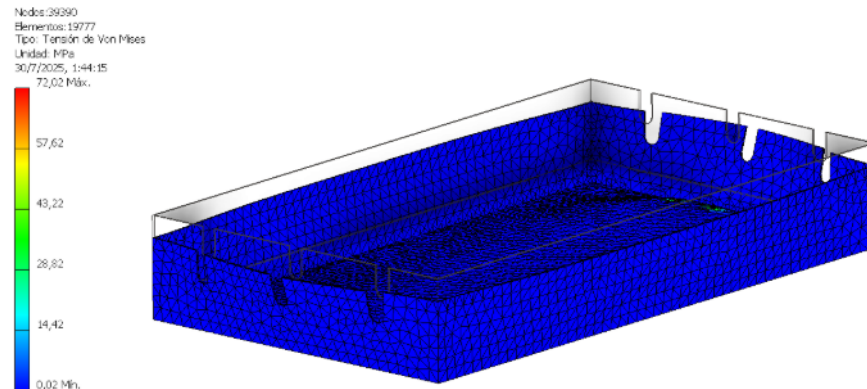
Esfuerzo de flexión:

$$\sigma = \frac{M \cdot y}{I} = \frac{2.5 \cdot 0.02}{1.76 \times 10^{-8}} = 2.84 \text{ MPa} \quad (16)$$

### 6.1.6. Simulación de esfuerzos - Bandeja de rodillos fijos

**Figura 42**

*Simulación de esfuerzos.*



**Nota:** Análisis de esfuerzos - Bandeja rodillos.

#### Cálculo

A partir del valor obtenido del esfuerzo de Von Mises mostrado en la Figura 42, se realizó un cálculo matemático para determinar si existe o no fallo, de acuerdo con la fórmula del factor de seguridad estático presentada anteriormente.

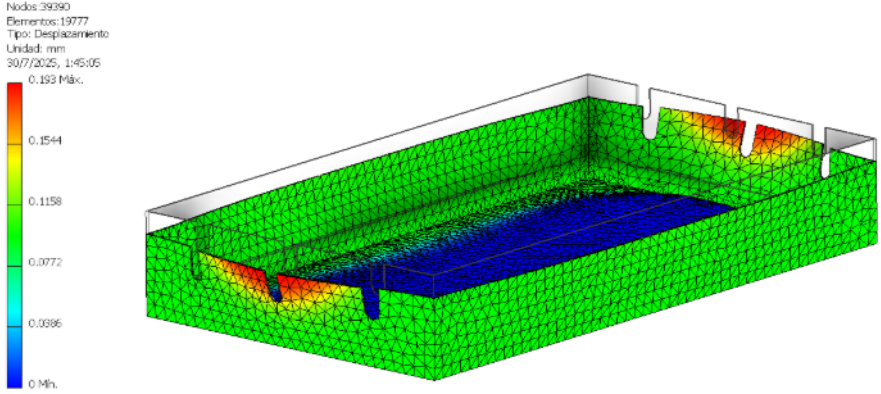
- Esfuerzo de Von Mises: 52.08 4MPa
- Esfuerzo de fluencia: 290 MPa

$$F_s = \frac{290}{72.02} = 4.02 > 1$$

El diseño propuesto para la bandeja fija de rodillos no presenta ningún riesgo de falla, y la deformación al soportar el peso del ladrillo es mínimo como se observa en la Figura 43.

**Figura 43**

*Simulación de esfuerzos.*

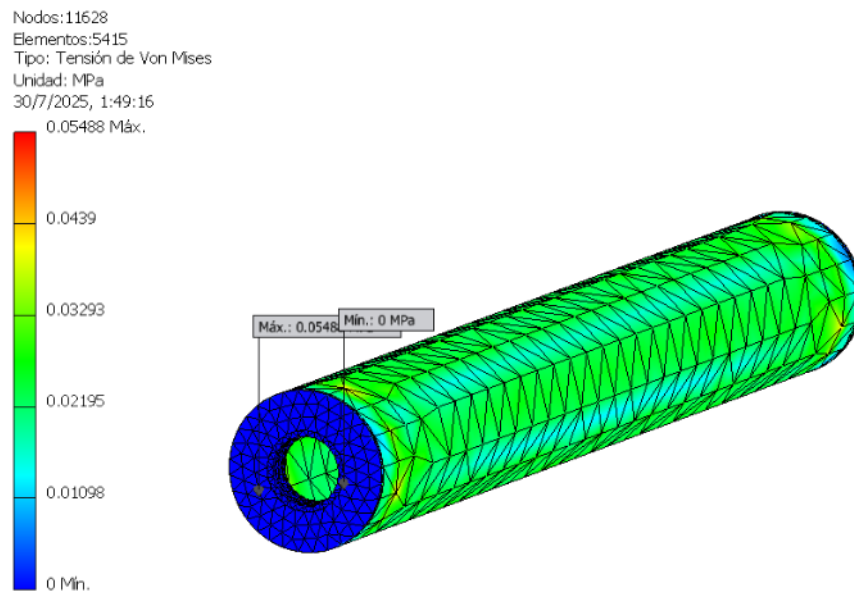


**Nota:** Análisis de deformación - Bandeja rodillos fijos.

### 6.1.7. Simulación de esfuerzos - Rodillos transportadores

**Figura 44**

*Simulación de esfuerzos.*



**Nota:** Análisis de esfuerzos - Rodillos transportadores.

#### **Cálculo**

A partir del valor obtenido del esfuerzo de Von Mises mostrado en la Figura 44, se realizó un cálculo matemático para determinar si existe o no fallo, de acuerdo con la fórmula del factor de seguridad estático presentada anteriormente. En este caso los rodillos son de material AISI52100 por lo que usaremos el dato de la Tabla 7.

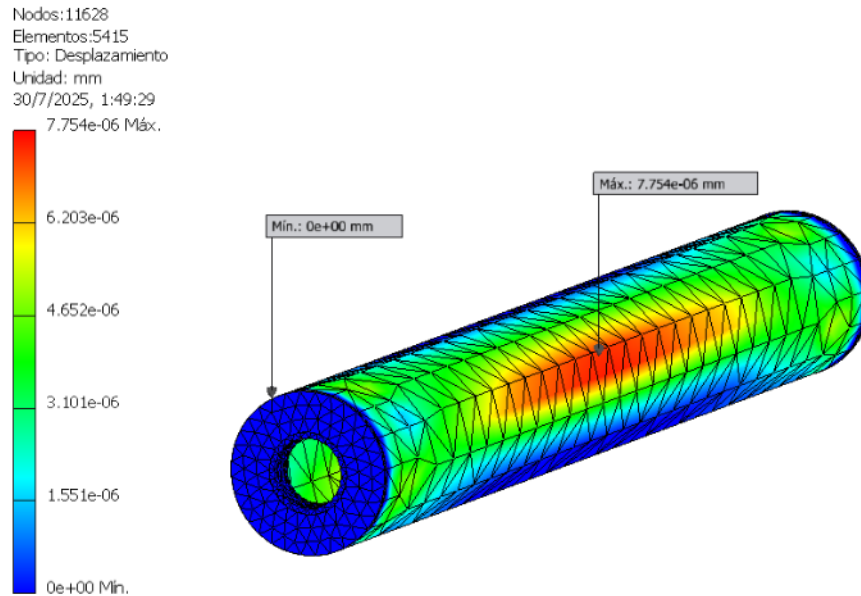
- Esfuerzo de Von Mises: 0.055 4MPa
- Esfuerzo de fluencia: 400 MPa

$$F_s = \frac{400}{0.055} = 7272 > 1$$

El diseño propuesto para el rodillo transportador no presenta ningún riesgo de falla, y la deformación al soportar el peso del ladrillo es despreciable como se muestra en la Figura 45 debido a que el peso se distribuye en todos los rodillos(16).

**Figura 45**

*Simulación de esfuerzos.*



**Nota:** Análisis de deformación - Rodillos transportadores. Resultados de la simulación de deformación en el rodillo transportador. Se evidencia que la deformación es mínima o prácticamente despreciable, lo que indica un adecuado comportamiento estructural frente a las condiciones de carga aplicadas.

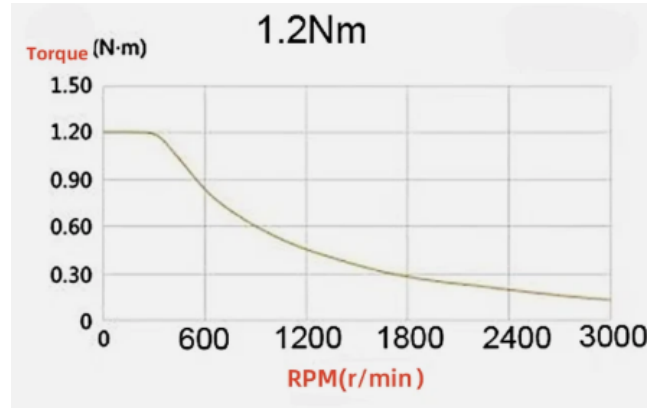
### 6.1.8. Resultado Motores-Characterísticas

Como resultado de los cálculos realizados para cada uno de los motores, en la Tabla 8 se muestran las características de los motores para que cubran cada una de sus funciones.

En el caso del motor 1, la Figura 46 muestra la relación entre el torque y la velocidad. Este motor tiene un torque nominal de 1.2Nm, el cual disminuye conforme aumenta la velocidad de giro. La elección de este motor se justifica porque, a una velocidad de aproximadamente de 960 rpm necesarias para lograr un avance lineal de 82mm/s en la extrusora. el torque útil se reduce a 0.6Nm, valor que coincide con el requerido para mover la carga. Por tanto este motor es adecuado para cumplir con las condiciones de trabajo establecidas.

**Figura 46**

*Relación Torque-Velocidad, Motor Nema 23.*



**Nota:** Relación estimada Torque-Velocidad para el motor 1. Se observa que a 960 rpm el torque útil se reduce a aproximadamente 0,6Nm, valor suficiente para mover la carga a una velocidad lineal de 82mm/s. Recuperado de (eBay, 2024)

**Tabla 8**

*Especificaciones motores*

Descripción	Velocidad(rpm)	Torque(Nm)	Potencia(HP)
Motor 1	960	1.2	0,16
Motor 2	720	1,5	0,2
Motor 3	30	1,1	0,0038

**Nota:** La siguiente tabla presenta las especificaciones de los motores para la cortadora automática.

## 6.2. Diseño de control

En esta sección se presentan los resultados obtenidos durante el diseño y desarrollo del sistema de control. Se incluyen los cálculos realizados para la selección y dimensionamiento de los conductores eléctricos de alimentación y señal, asegurando la correcta capacidad de corriente y la mínima caída de tensión para un funcionamiento óptimo. Además, se describe la

implementación del algoritmo de control desarrollado en Python, destacando el bucle principal que regula el comportamiento del sistema.

### 6.2.1. Código principal para el control de la cortadora

A continuación se presenta el bucle principal del programa, donde se ejecuta de manera cíclica la secuencia completa de operación de la cortadora automática. Este bucle gestiona la lectura continua de sensores, la ejecución de comandos de movimiento, el monitoreo del estado del sistema y la implementación de las rutinas de seguridad, garantizando un funcionamiento estable y controlado del proceso de corte automatizado.

#### Código python

```
try:
    while True:
        if flag_emergencia:
            detener_todo()
            flag_ubicacion_m2 = False
            time.sleep(0.1)
            continue

        if es_modo_manual():
            modo_manual()
            time.sleep(1)
            continue

        reset_maquina()
        sistema_de_corte()
        time.sleep(0.1)

except KeyboardInterrupt:
    print("\nPrograma terminado")

finally:
    pwm_m1.stop()
    pwm_m2.stop()
    cliente_mqtt.loop_stop()
```

```

cliente_mqtt.disconnect()
GPIO.cleanup()
print("GPIO liberado correctamente")

```

El bucle principal del sistema implementa un ciclo de control continuo que evalúa constantemente tres posibles estados de operación: **emergencia**, **modo manual** y **modo automático**. En primer lugar, si se detecta una condición de emergencia, el sistema detiene inmediatamente todas las funciones mediante la rutina `detener_todo()`, desactiva la bandera de ubicación del motor y espera brevemente antes de reiniciar el ciclo, garantizando así la seguridad. En segundo lugar, si se encuentra activo el modo manual, se ejecuta la función `modo_manual()` para permitir al operador intervenir directamente sobre el sistema, suspendiendo temporalmente la automatización. Finalmente, si no hay emergencia ni intervención manual, el sistema entra en modo automático, en el cual se inicializa el entorno mediante `reset_maquina()` y se ejecuta el proceso principal `sistema_de_corte()`. Además, se incorpora un manejo de interrupciones para terminar el programa de forma segura, y un bloque `finally` que detiene los motores, cierra la comunicación MQTT y libera los recursos del sistema, asegurando un apagado limpio y controlado del hardware.

### 6.2.2. Características conductores

A continuación se presenta en la Tabla 9 los conductores a emplearse tanto para la alimentación de nuestro sistema como las señales de los sensores finales carrera.

**Tabla 9**

*Definición de características del conductor de alimentación y señal.*

Conductores	Calibre(AWG)	Tipo	Clase
<b>Alimentación</b>	16	Multifilar	5
<b>Señales</b>	24	Multifilar	5

**Nota:** Definición de características para el conductor de alimentaciones y señal.

### 6.3. Capacidad de la maquina

A partir del diseño desarrollado para el sistema de corte automático, se estima una mejora significativa en la capacidad de producción respecto al proceso actual. Mientras que el método manual alcanza un promedio de 8 ladrillos por minuto, el sistema propuesto podría permitir una capacidad de hasta 12 ladrillos por minuto, en función de la velocidad de extrusión. Es importante señalar que estos valores constituyen estimaciones preliminares, ya que su verificación dependerá de las pruebas experimentales que se realizarán una vez construida la máquina. Asimismo, el diseño contempla una operación autónoma, eliminando la necesidad de un operador constante en la máquina, limitando la intervención humana únicamente a la recepción de los ladrillos.

Con base en de referencia y mediante cálculos proporcionales simples (reglas de tres), se ha estimado la capacidad de corte del sistema diseñado bajo distintos regímenes de velocidad de eje extrusor. En condiciones de baja velocidad, con una relación de 1 eje de rotación de 70 rpms, se observó que el desplazamiento lineal de la masa del ladrillo es aproximadamente 30mm/s. Bajo este escenario, la frecuencia estimada de corte es de 4 ladrillos por minuto:

$$\frac{410 \text{ mm}}{14,28 \text{ s}} \approx 28,72 \text{ mm/s}$$

Ahora, usando una regla de tres simple para estimar cuántos ladrillos pueden cortarse en un minuto (60 s):

$$\begin{aligned} \frac{410 \text{ mm}}{1 \text{ ladrillo}} &= \frac{x \text{ mm}}{1 \text{ minuto}} = 28,72 \text{ mm/s} \times 60 \text{ s} = 1723,2 \text{ mm/min} \\ \Rightarrow \frac{1723,2 \text{ mm}}{410 \text{ mm/ladrillo}} &\approx 4,2 \text{ ladrillos/minuto} \end{aligned}$$

Por lo tanto, a 70 rpm se obtiene una capacidad aproximada de:

$$\boxed{4 \text{ ladrillos/minuto}}$$

Utilizando este valor como base de comparación, se plantearon dos escenarios adicionales:

- Velocidad media(140rpm): Al duplicar la velocidad del eje extrusor, se estima que la velocidad de desplazamiento alcanza aproximadamente 60mm-s, lo cual permitirá cortar alrededor de 8 ladrillos por minuto.

Al duplicar la velocidad del eje extrusor (140 rpm), se asume que el avance lineal también

se duplica, es decir:

$$v = 2 \times 28,72 \text{ mm/s} = 57,44 \text{ mm/s}$$

Multiplicando por 60 s para obtener la distancia recorrida en un minuto:

$$57,44 \text{ mm/s} \times 60 \text{ s} = 3446,4 \text{ mm/min}$$

$$\Rightarrow \frac{3446,4 \text{ mm}}{410 \text{ mm/ladrillo}} \approx 8,4 \text{ ladrillos/minuto}$$

Por lo tanto, a 140 rpm se estima una capacidad de:

$$\boxed{8 \text{ ladrillos/minuto}}$$

- Velocidad máxima estimada(200 rpm): En este caso, la velocidad lineal asciende a unos 82mm/s, lo que se traduce en una capacidad de corte aproximada de 12 ladrillos por minuto.

$$v = \frac{410 \text{ mm}}{5 \text{ s}} = 82 \text{ mm/s}$$

La distancia recorrida en un minuto es:

$$82 \text{ mm/s} \times 60 \text{ s} = 4920 \text{ mm/min}$$

$$\Rightarrow \frac{4920 \text{ mm}}{410 \text{ mm/ladrillo}} \approx 12 \text{ ladrillos/minuto}$$

Por lo tanto, a 200 rpm se estima una capacidad de:

$$\boxed{12 \text{ ladrillos/minuto}}$$

Estos valores están dentro de los límites operativos considerados para los motores seleccionados en el diseño: el Motor 1, encargado de accionar el sistema de desplazamiento, y el Motor 2, responsable del accionamiento del sistema de corte. Aunque los valores obtenidos son aproximaciones teóricas, construyen una base útil para estimar el rendimiento del sistema y serán validados una vez que se construya y se pruebe el prototipo.

## **6.4. Costo aproximado de la cortadora**

### **6.4.1. Costos de acuerdo a los elementos**

Con base a los costos obtenidos del mercado local (presentados en las Tablas 3 y 4), se procede a calcular el costo total estimado de la cortadora. En las Tablas 10 y 11 se detallan las cantidades requeridas de cada componente, así como su respectivo precio unitario, lo que permite determinar el costo individual y acumulado de cada elemento utilizado en la construcción de la cortadora automática.

**Tabla 10***Lista de componentes y precios estimados.*

<b>Elemento</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Especificación</b>	<b>Precio (USD)</b>
Guías HG20CC	1	1.7m	142.39
Patín HG20CC	8	—	71.88
Husillo de bolas SFU2005+BK/BF 15	1	500 mm	133.48
Husillo de bolas SFU2005+BK/BF 15	1	350 mm	112.92
Tuerca SFU2005	2	—	30.4
Nema 23 1.5Nm/24VDC/3A	1	720rpms	50
Nema 23 1.2Nm/24VDC/3A	1	720rpms	40
Motor reductor 1.5Nm/2A	1	30rpms	55
Polea dentada-5MGT2	5	16dientes	25
Banda GT2 6mm	1	1m	5
Platina de 1"1/2×1/4	1	1m	13.38
Tubo cuadrado 40x1.2	1	20m	16
Tubo redondo inox de 2"×1.2 mm	1	1m	8.83
Tubo cédula 40	1	6m	11
Cubo de grilon 40x8mm	1	1m	30
Plancha e=1.5	1	1m <sup>2</sup>	60
Acero de trans. D: 3/8	1	6m	12
Acero de trans. D: 1/2	1	6m	12
<b>Pernos Allen</b>			
M5 × 50 mm	16	—	4.5
M6 × 80 mm	10	—	4
M6 × 50 mm	2	—	0.30
M6 × 40 mm	6	—	1
M5 × 20 mm	16	—	3

**Nota:** Esta tabla presenta la estimación de los costos basada en la cotización dada en los locales de la ciudad de Cuenca y cotizaciones en línea.

**Tabla 11**

*Lista de componentes y precios estimados para la fabricación.*

<b>Elemento</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Especificación</b>	<b>Precio (USD)</b>
M6 × 60 mm	18	—	5
M6 × 55 mm	16	—	5
M6 × 10 mm	4	—	0.3
M20 × 100 mm	4	—	16
<b>Arandelas planas</b>			
M5 × 3 mm	32	—	2
M6 × 2 mm	34	—	3
<b>Tuercas de seguridad</b>			
M6	42	—	12
<b>Otros elementos</b>			
Botones de paro, inicio y reset	3	—	16
Raspberry Pi3 B+	1	—	130
Driver TB660	2	—	34
Transportador de cable R28	3	m	30
Fuente de alimentación 24VDC/10A	1	—	30
Conductor AWG 16	1	m	1
Conductor AWG 24	1	1m	1
Guarda motor	1	gl	25.36
Sensores	6	-	36.36
Costo de programación	—	—	400
Diseño (planos, simulación)	—	—	600
Fabricación	—	—	600
<b>Total</b>			
Costo cortadora	—	—	3289,1

**Nota:** Esta tabla presenta la estimación de los costos basada en la cotización dada en los locales de la ciudad de Cuenca y cotizaciones en línea.

## 7. Cronograma

A continuación, en la tabla 12 se presenta las actividades generales que se desarrollarán en el presente trabajo de titulación. Se presenta una tabla que con las actividades y el tiempo estimado que se requiere para su desarrollo así como los hitos que se alcanzarán durante la ejecución de las actividades.

El trabajo de titulación contempla un tiempo de 240 horas en el cual se deberán realizar todas las actividades.

**Tabla 12**

*Cronograma de actividades.*

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES																						
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	ACTIVIDADES	MES 1				MES 2				MES 3				MES 4				MES 5				HORAS
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
Establecer los parámetros requeridos para el diseño de una cortadora automática para la producción semi-industrial de ladrillos.	Condiciones laborables y percepción de los operarios	X																			20	
	Evaluación de los procesos actuales de producción.		X																		20	
	Realizar el análisis del espacio de trabajo de la cortadora.			X																	20	
Realizar el diseño mecánico de una cortadora automática para la producción semi-industrial de ladrillos en la parroquia Sinincay.	Establecer las dimensiones de la cortadora actual.			X	X																20	
	Utilizar un software de diseño para desarrollar el modelo 3D de la cortadora.					X	X	X	X	X											20	
	Elaborar los planos técnicos con vistas, cortes, secciones y dimensiones para una construcción futura.										X	X									20	
Diseñar el sistema de control eléctrico y electrónico del sistema de corte automatizado para la producción semi-industrial de ladrillos en la parroquia Sinincay.	Identificar las variables de control, como la velocidad de corte y la sincronización.													X							20	
	Especificar la función de cada sensor y la forma en que se comunican entre sí para garantizar un control preciso y continuo del proceso de corte.														X						20	
	Diseñar el control con un micro-controlador, considerando las entradas/salidas necesarias para gestionar el proceso de corte.												X	X	X	X					20	
Establecer un monto aproximado del costo de la fabricación de la cortadora de ladrillo automática para la producción semi-industriales de ladrillos en la parroquia Sinincay.	Realizar un levantamiento de requerimientos técnicos y diseño preliminar del equipo.															X	X				20	
	Realizar una cotización en proveedores locales y en línea para cada componente y material necesario.																	X	X		20	
	Realizar un análisis y elaboración del presupuesto preliminar.																	X	X		10	
	Redacción de documento	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	10	
<b>Total de horas empleadas</b>																				240		

**Nota:** La tabla presenta las actividades para cumplir con los objetivos planteados. La tabla puede ajustarse de acuerdo a la cantidad de objetivos y actividades que se requieran

## 8. Conclusiones

A lo largo del desarrollo del presente trabajo, se logro cumplir de manera progresiva con los objetivos planteados inicialmente, permitiendo el diseño integral de una cortadora automática destinada a la producción de semi-industrial de ladrillos en la parroquia Sinincay. A continuación se exponen las principales conclusiones:

- Determinación de parámetros de diseño:

Se establecieron correctamente los parámetros técnicos y operativos requeridos para el diseño de la maquina, considerando las dimensiones estándar del ladrillo y las condiciones del entorno de trabajo.

- Diseño mecánico

Se desarrollo un diseño mecánico robusto y funcional de la cortadora automática, incluyendo la estructura, el mecanismo de corte y el sistema de desplazamiento. La solución propuesta cumple con los requerimientos de precision, repetitividad y resistencia necesarios para operar en un entorno semi-industrial.

- Sistema de control

Se diseño e implemento un sistema de control utilizando una Raspberry Pi, integrando sensores, actuadores y una interfaz de usuario personalizada. Este sistema permitió automatizar el proceso de corte con precision y confiabilidad, aprovechando las capacidades de programación y conectividad de la Raspberry Pi para lograr un control eficiente y adaptable.

- Estimación de costos

Se realizo un análisis económico preliminar que permitió establecer un monto estimado para la fabricación de la maquina. Este costo se encuentra dentro de los margenes viables pequeños productores o asociaciones de ladrilleros locales, fomentando así la tecnificación de su proceso productivo.

La implementación de la cortadora automática representa una mejora significativa en la eficiencia operativa del proceso de producción de ladrillos. Aunque la velocidad de corte alcanzada (12 ladrillos/minuto) no supera a la de equipos comerciales más complejos (17 ladrillos/minuto), se compensa al evitar el uso de sistemas neumáticos o PLCs, lo cual reduce considerablemente los costos de inversión y mantenimiento.

Además, esta solución permite mantener, e incluso aumentar, la productividad utilizando menos recursos humanos. La persona que antes se encargaba exclusivamente del corte ahora puede reasignarse a tareas como la recepción y colocación del ladrillo, optimizando así el recurso humano disponible.

Por otro lado, el sistema de control implementado incorpora una interfaz que permite al operador visualizar las horas de operación de la máquina. Esto facilita la planificación de mantenimientos preventivos, evitando paradas inesperadas y gastos adicionales por fallas. En conjunto, estas mejoras no solo hacen más eficiente el proceso de corte, sino que también fortalecen la sostenibilidad del sistema productivo.

## 9. Recomendaciones

- Automatización del sistema de nivelación:

Se recomienda mantener el mecanismo de nivelación mejorado en esta versión, pero complementando con un sistema de actuadores eléctricos o servomotores controlados automáticamente. Esto permitirá reducir el tiempo de preparación inicial previo al corte, mejora la precisión de la nivelación y minimizar errores humanos.

- Expansión del sistema de monitoreo y control:

Se sugiere desarrollar una arquitectura de control que permita integrar fácilmente nuevas funciones, como la supervisión remota mediante red local o internet, o el registro de las variables clave para la trazabilidad del proceso productivo.

- Validación del sistema en diferentes condiciones de producción:

Finalmente, se recomienda realizar pruebas en condiciones variables (por ejemplo diferentes mezclas de arcillas o niveles de humedad) para ajustar los parámetros del sistema de forma más precisa y asegurar su funcionamiento confiable en diversos contextos.

## Referencias

- Alarcón, S., Castillo, J., Tumbajulca, M., Velásquez, M., Yupanqui, B., y Prado, R. (2018). Diseño y construcción de un cortador electroneumático para ladrillos de arcilla. *Tecnología y Desarrollo (Trujillo)*, 16(1), 68–77.
- Arcillas 2000. (2024). *Informe de producción de ladrillos semi-industriales* (Inf. Téc.). Cuenca, Ecuador: Autor. (Informe interno)
- Avecillas Ulloa, K. (2016). *Residuos de ladrillo y vidrio líquido como elementos expresivos para el espacio interior* (B.S. thesis). Universidad del Azuay.
- Brunete, A., Segundo, P. S., y Herrero, R. (2025). *Introducción a la automatización industrial*. Madrid, España: Alberto Brunete (online). Descargado de [https://bookdown.org/alberto\\_brunete/intro\\_automatica/](https://bookdown.org/alberto_brunete/intro_automatica/) (Licencia: CC-BY-SA 4.0)
- Cunyas Arias, G. O. (2018). Propuesta de implementación de una cortadora electro-neumática de ladrillo en crudo en la línea de producción para mejorar la capacidad productiva en la ladrillera laprosur sac. *Universidad Tecnológica del Perú*.
- de Arcillas 2000. (2024, diciembre). *Entrevista a un operario sobre el proceso de producción de ladrillo en arcillas 2000*. Entrevista realizada en la fábrica Arcillas 2000, Sininicay, Cuenca, Ecuador. (Entrevista personal realizada por Israel SInchi.)
- eBay. (2024). *High torque nema 23 cnc stepper motor 425oz.in/3.00nm bipolar 4.0a cnc mill lathe router 57x57x112mm [stepper motor]*. <https://www.ebay.com/itm/336062375239>. (Consultado el 30 de julio de 2025)
- Ferro, D. (2017). Identidad, cultura e innovación en las artesanías: un camino para el desarrollo sustentable y el buen vivir. *Estudios de la Gestión*(1), 95–116.
- Guamán, M. J. T. (2019). *Diseño de un modelo de negocios para el sector ladrillero artesanal del cantón cuenca, período 2017-2019* (Trabajo de titulación, Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador). Descargado de <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/28536/1/Trabajo%20de%20Titulacion.pdf> (Página consultada: 22. Accedido el 29 de octubre de 2024)
- HIWIN Technologies Corp. (2025). *HGH20HAZAH - Linear Guideway Block | HIWIN*. Descargado 2025-07-31, de <https://www.hiwin.de/en/Products/Linear-guideways/Blocks/Ball-guides/Series-HG-QH/HGH-QHH/HGH20HAZAH/p/5-001643>
- Home Eléctrico. (2024). *¿qué son los cables multifilar - tabla comparativa entre cables*. Descargado 2025-07-13, de <https://homeelectrico.com/cable/cable-multifilar/> (Sección: Aislamiento)
- Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). (2020). *Clasificación industrial interna-*

- cional uniforme (ciiu) de todas las actividades económicas, 4.ª revisión*. Descargado de <https://aplicaciones2.ecuadorencifras.gob.ec/SIN/descargas/ciiu.pdf> (Página consultada: 55. Accedido el 29 de octubre de 2024)
- International Electrotechnical Commission (IEC). (s.f.). *Iec home page*. <https://www.iec.ch/homepage>. (Consultado el 13 de julio de 2025)
- Maps, G. (2024). *Ubicación de la fábrica arcillas 2000 en sininicay, cuenca*. ([Mapa]. <https://www.google.com/maps>)
- Marmolejo Tejada, N. R., y Zuluaga Bolívar, J. (2007). Diseño de una máquina que realice el proceso de corte y perforado en la elaboración de tejas tipo caribe automáticamente. *Universidad Autónoma de Occidente*.
- PowerStream. (s.f.). *Wire gauge and current limits*. Descargado de [https://www.powerstream.com/Wire\\_Size.htm](https://www.powerstream.com/Wire_Size.htm) (Consultado el 11 de julio de 2025)
- Torrez Quispe, J. J., y colaboradores. (2022). *Construcción e implementación de una máquina semi-industrial automática para la elaboración de bloques de ladrillos* (Tesis Doctoral, Universidad Mayor de San Andrés). Descargado de <https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/32659> (Accedido el 29 de octubre de 2024)
- Ullauri, M. d. C. A., Bastidas, M. R., Bustamante, J. R., y Carchipulla, E. C. (2022). El ladrillo artesanal de cuenca (ecuador): una caracterización inicial en el marco patrimonial. *Conservar Patrimonio*, 41, 68–94.
- Vargas Fustamante, H. Y. (2023). Diseño de una cortadora electroneumática de ladrillo cerámico para aumentar la producción en la línea de formado de la empresa cerámicos pakamuros eirl–jaén. *Universidad Continental*.

# **ANEXOS**

# **Anexo 1: Entrevista dirigida a Operarios - Fábrica Arcillas 2000**

## **1. Proceso Actual de Cortado**

- ¿Cómo describiría el proceso actual de cortado de ladrillos después de la extrusión?
- ¿Cuánto tiempo les toma cortar un lote de ladrillos?

## **2. Principales Problemas Identificados**

- ¿Cuáles son los principales problemas que enfrenta durante el proceso de cortado?
  1. Irregularidades en el corte
  2. Desperdicios de material
  3. Tiempo excesivo
  4. Fatiga del operario
  5. Otros problemas específicos

## **3. Calidad del Producto Final**

- ¿Qué tan satisfecho está con la calidad del cortado que se obtiene con el método actual?
- ¿Hay diferencias notables entre ladrillos cortados?
- ¿Qué porcentaje de ladrillos considera que salen con corte defectuoso?

## **4. Eficiencia y Productividad**

- ¿Es el cortado un cuello de botella en el proceso?
- ¿Cuántos ladrillos pueden procesar por hora con el método actual?

## **5. Esfuerzo Físico y Condiciones Laborales**

- ¿Cómo calificaría el esfuerzo físico requerido para el proceso de cortado actual?\*
- ¿Experimenta fatiga o molestias físicas?
- ¿Considera que el trabajo es repetitivo o monótono?

## **6. Expectativas de Mejora**

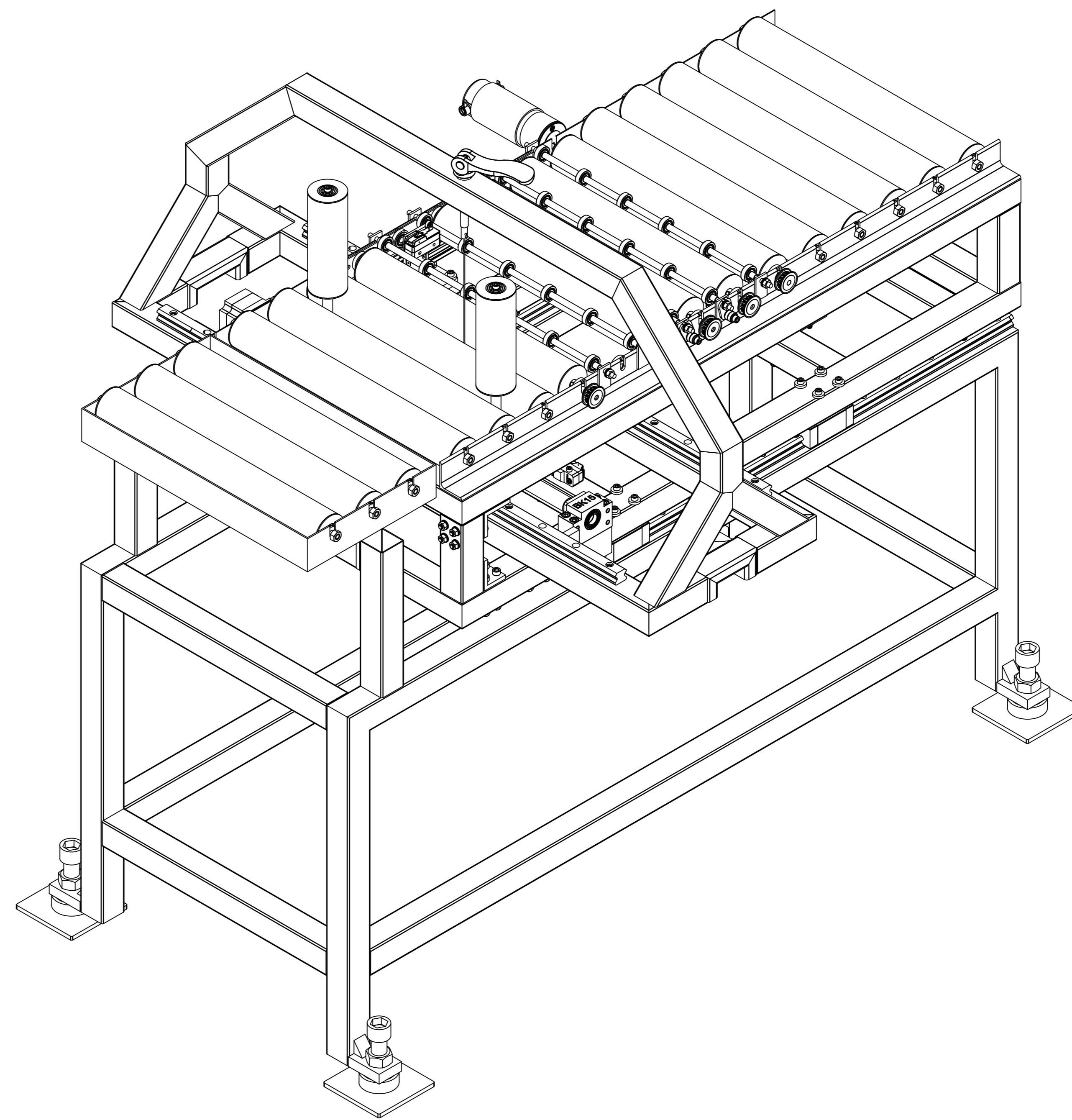
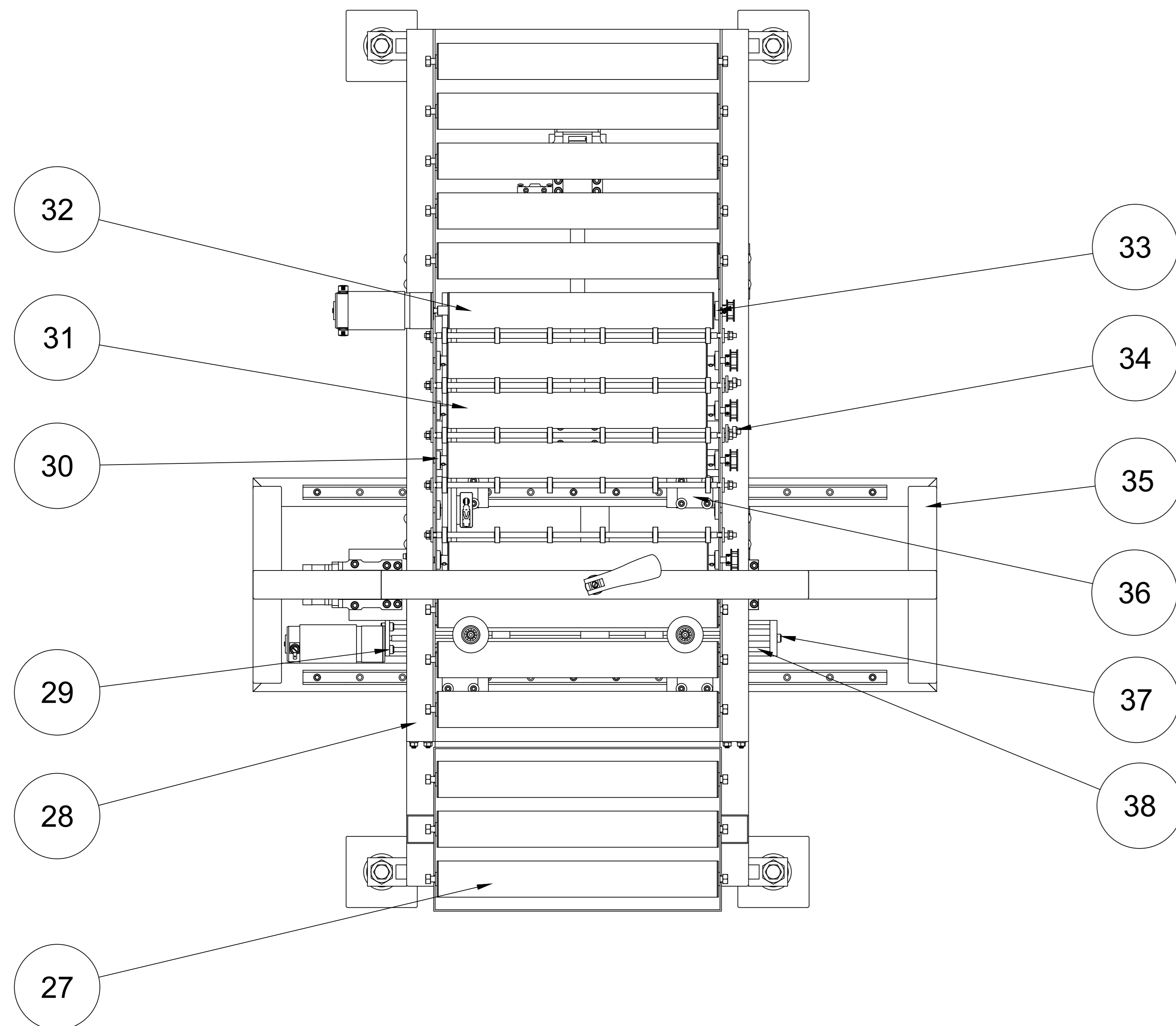
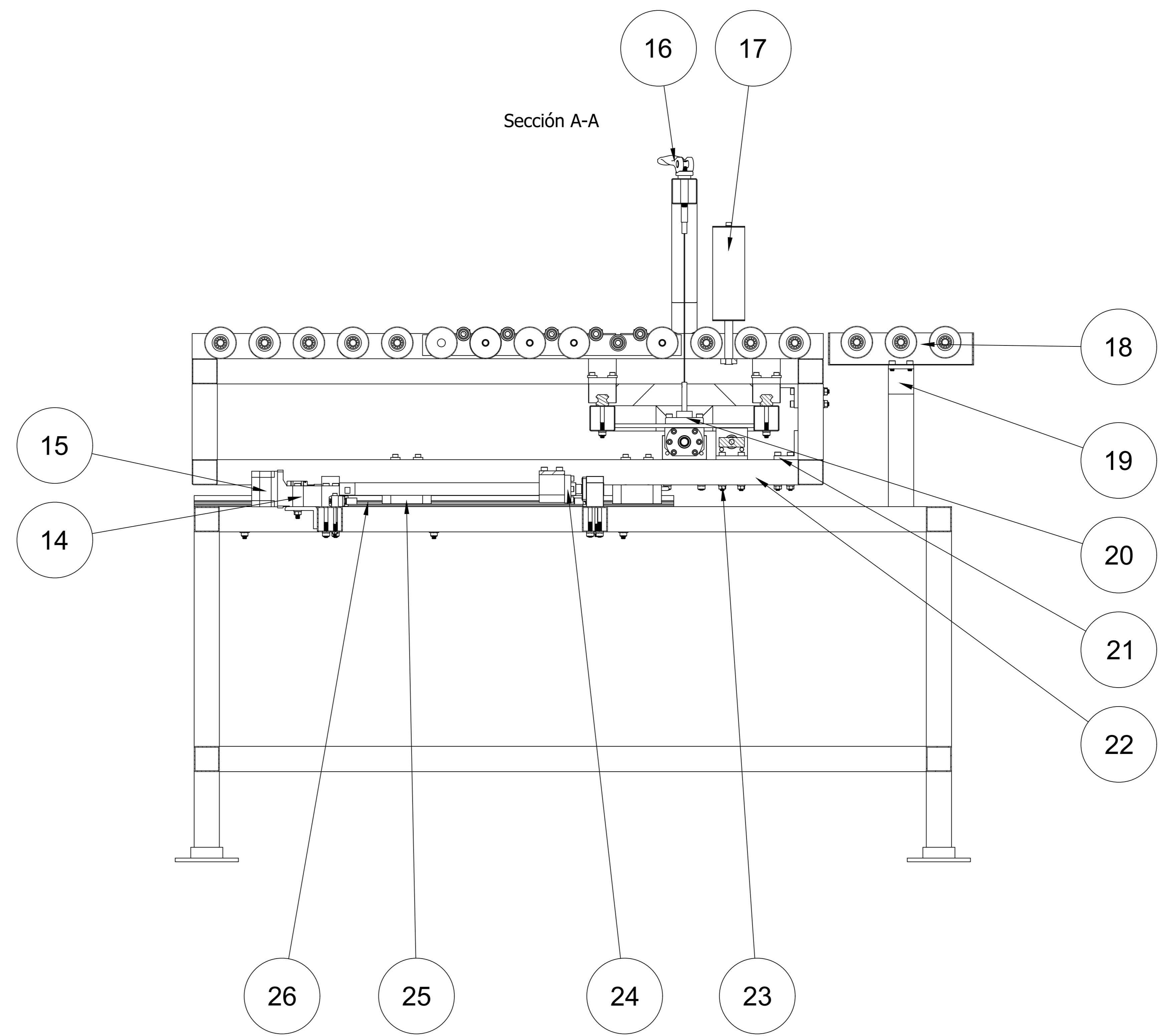
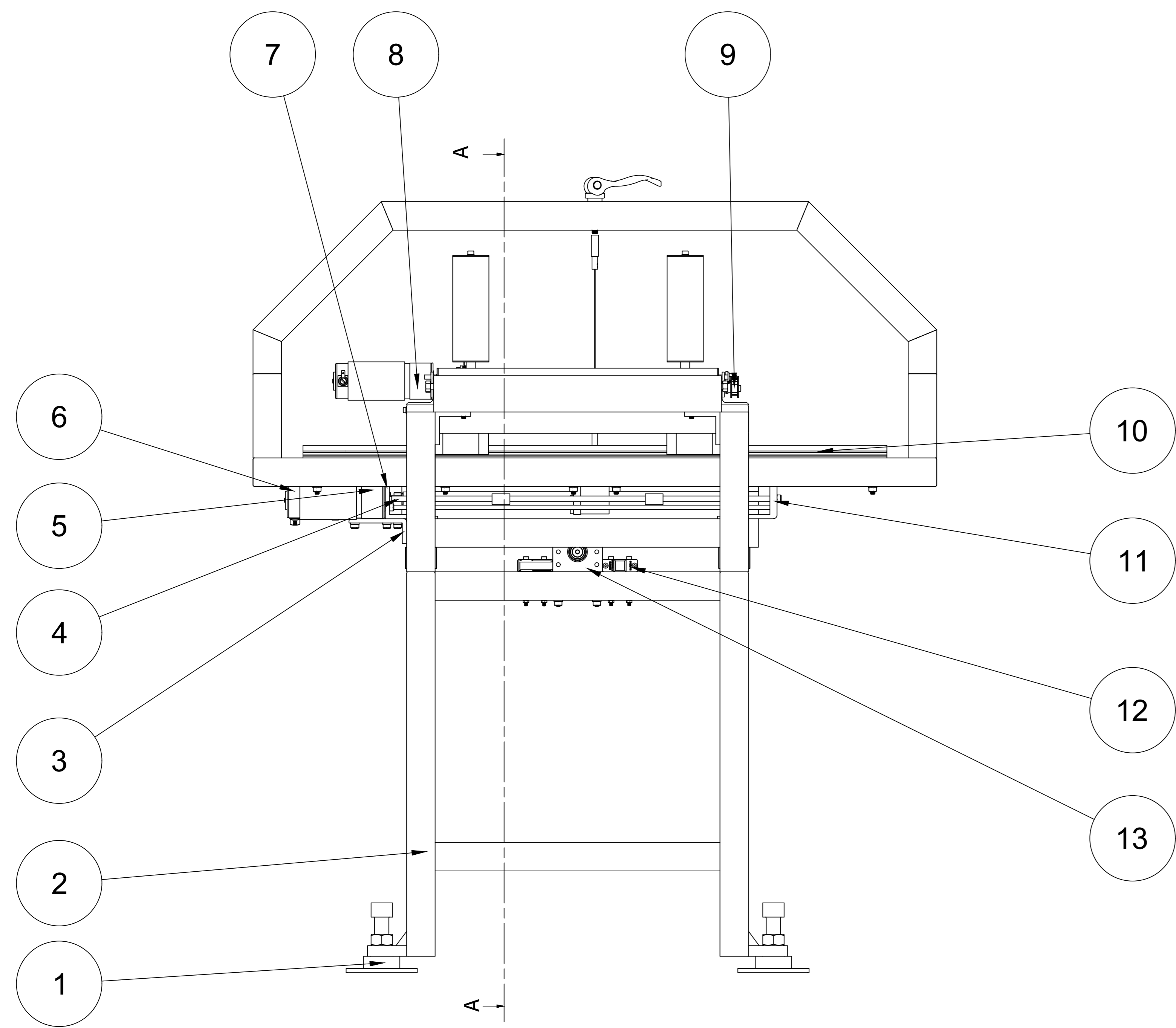
- ¿Qué características debería tener un sistema de cortado ideal para mejorar su trabajo?

1. Mayor precisión
2. Menor esfuerzo físico
3. Mayor velocidad
4. Mejor calidad del corte
5. Facilidad de operación

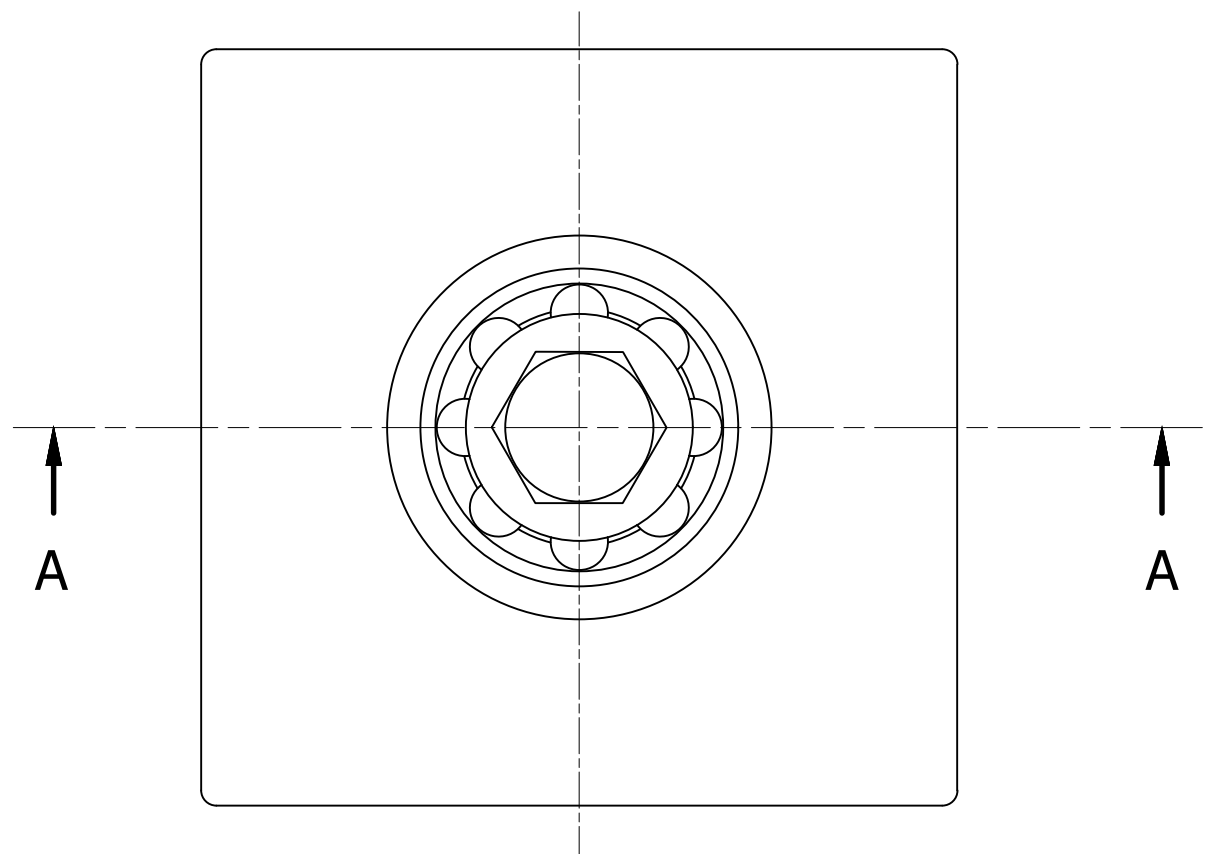
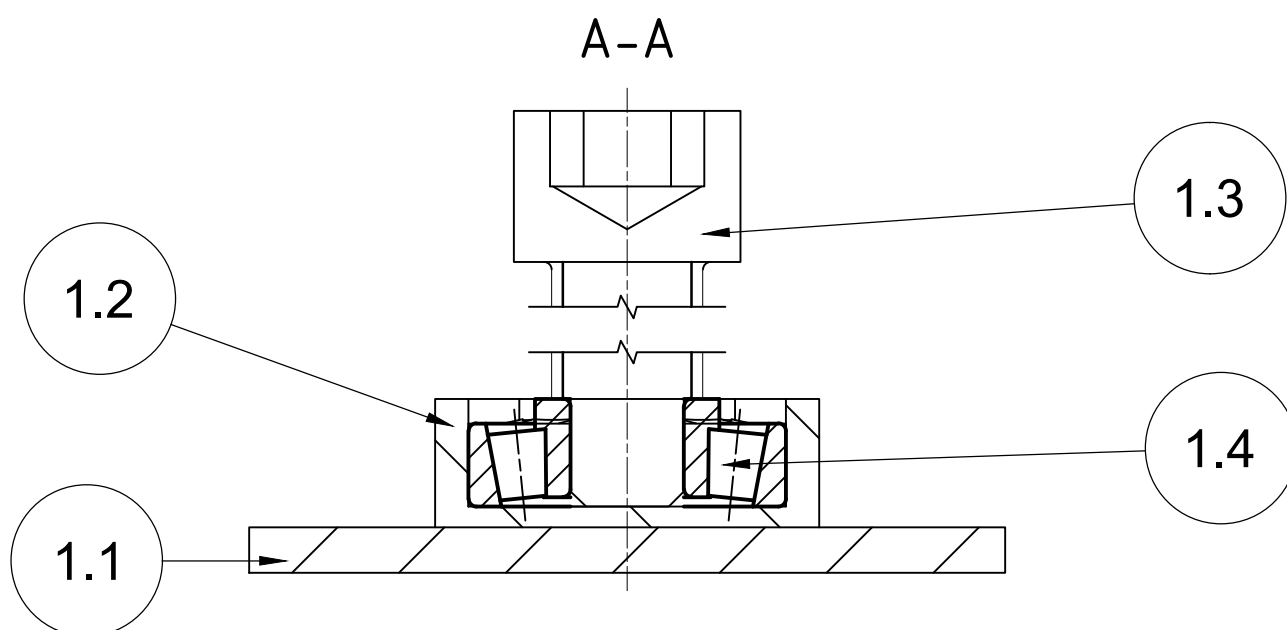
## **7. Disposición al Cambio**

- ¿Qué beneficios esperaría de una nueva solución?
- ¿Qué preocupaciones tendría sobre implementar un nuevo sistema?
- ¿Qué capacitación consideraría necesaria?

Observaciones adicionales:

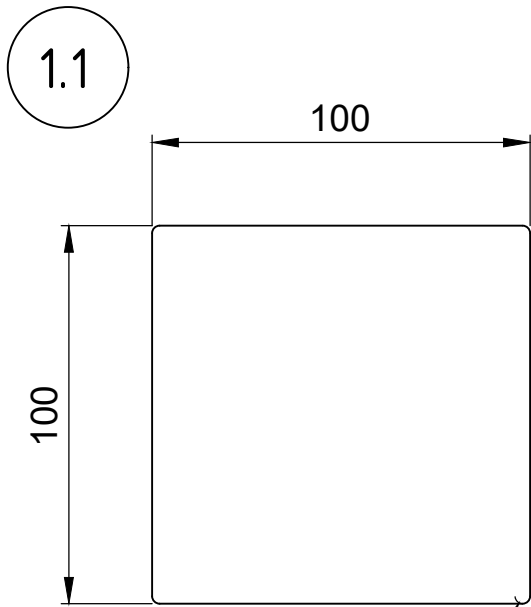


1	Barra roscada de regulación	38	
2	Tuerca de seguridad M8	37	
4	soporte patín carro transversal	36	
1	Carro transversal	35	
4	Tensor de banda	34	
1	Porta rodamientos izquierdo	33	
1	Rodillo conductor	32	
4	Rodillos conducidos	31	
1	Porta rodamientos derecho	30	
24	Tuerca de seguridad M6	29	
2	Ángulos laterales	28	
8	Rodillo general	27	
2	Guía HG-20 760 mm	26	
8	Patín HG-20	25	
2	Tuerca 20 05	24	
24	Tornillo allen M6x55	23	
1	Carro longitudinal	22	
2	Unión desmontable	21	
1	Base tensor de alambre	20	
2	Plancha motor 2	19	
1	Bandeja para rodillos	18	
2	Rodillo lateral	17	
1	Tensor de alambre	16	
1	Motor Nema 23 1.2 N.M	15	
2	Soporte BK 15	14	
2	Soporte BF 15	13	
5	Sensor fin carrera	12	
1	Soporte husillo	11	
2	Guía longitudinal 820 mm	10	
5	Polea dentada	9	
1	Motor DC 24V	8	
1	Base sensores de corte	7	
1	Motor NEMA 23 1.5 N.M	6	
1	soporte de motor 2	5	
2	Husillo de bolas SFU 2005	4	
2	Base motores	3	
1	Base Cortadora	2	
4	Niveladores	1	
CANT.	DENOMINACIÓN	MARCA	MATERIAL
1/1	Escala	Dibujado por	Revisado por
1/1	Fecha	31/07/2025	
Trabajo de Titulación		Ing. Mechatrónica	
Cortadora automática			Nivel
Conjunto cortadora			8
Carrera			Nº Hoja
Ing. Mecatrónica			1



1	Rodamiento SKF 30302	1.4	N/A	N/A
1	Tornillo allen M20	1.3	N/A	N/A
1	Casquillo de rodamiento	1.2	Tubo céd. 40 $\phi$ 3/4	PINTADO
1	Placa	1.1	Acero dulce	PINTADO
CANT.	DENOMINACIÓN	MARCA	MATERIAL	TRATAMIENTO

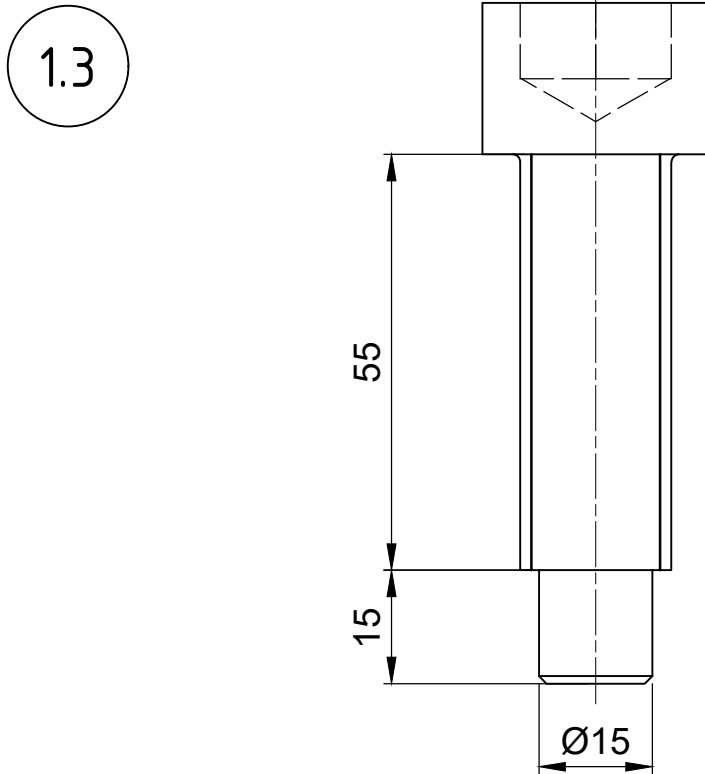
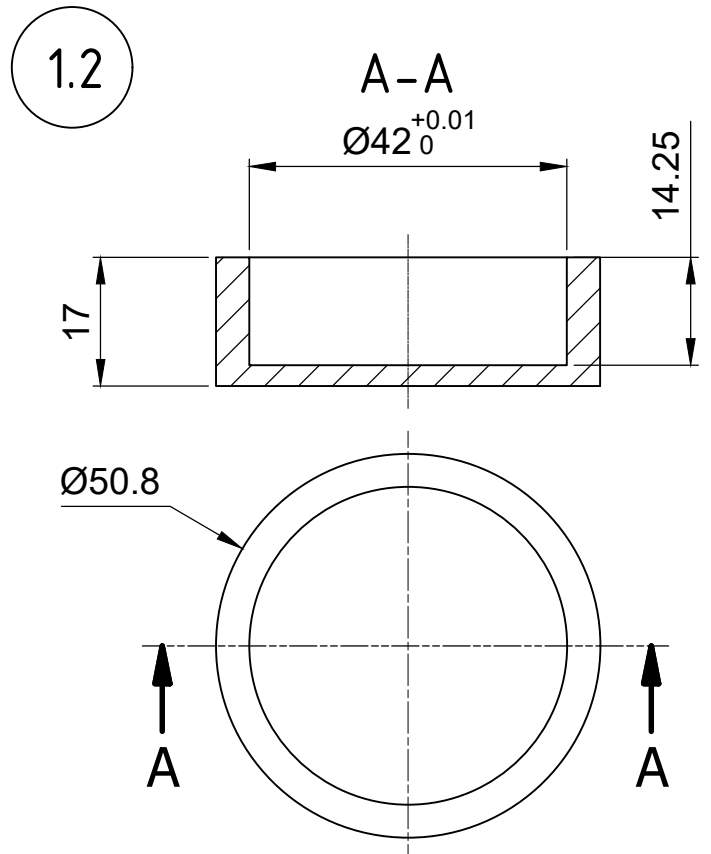
	Escala 1:1	Dibujado por Israel Sinchi, Juan Zambrano	Revisado por Ing. Marlon Quinde	Fecha 31/07/2025
Trabajo de titulación		CORTADORA-AUTOMÁTICA Niveladores		Nivel 8
				Carrera Ing. Mecatrónica
		Periodo 66: marzo-agosto 2025		



R 2x4

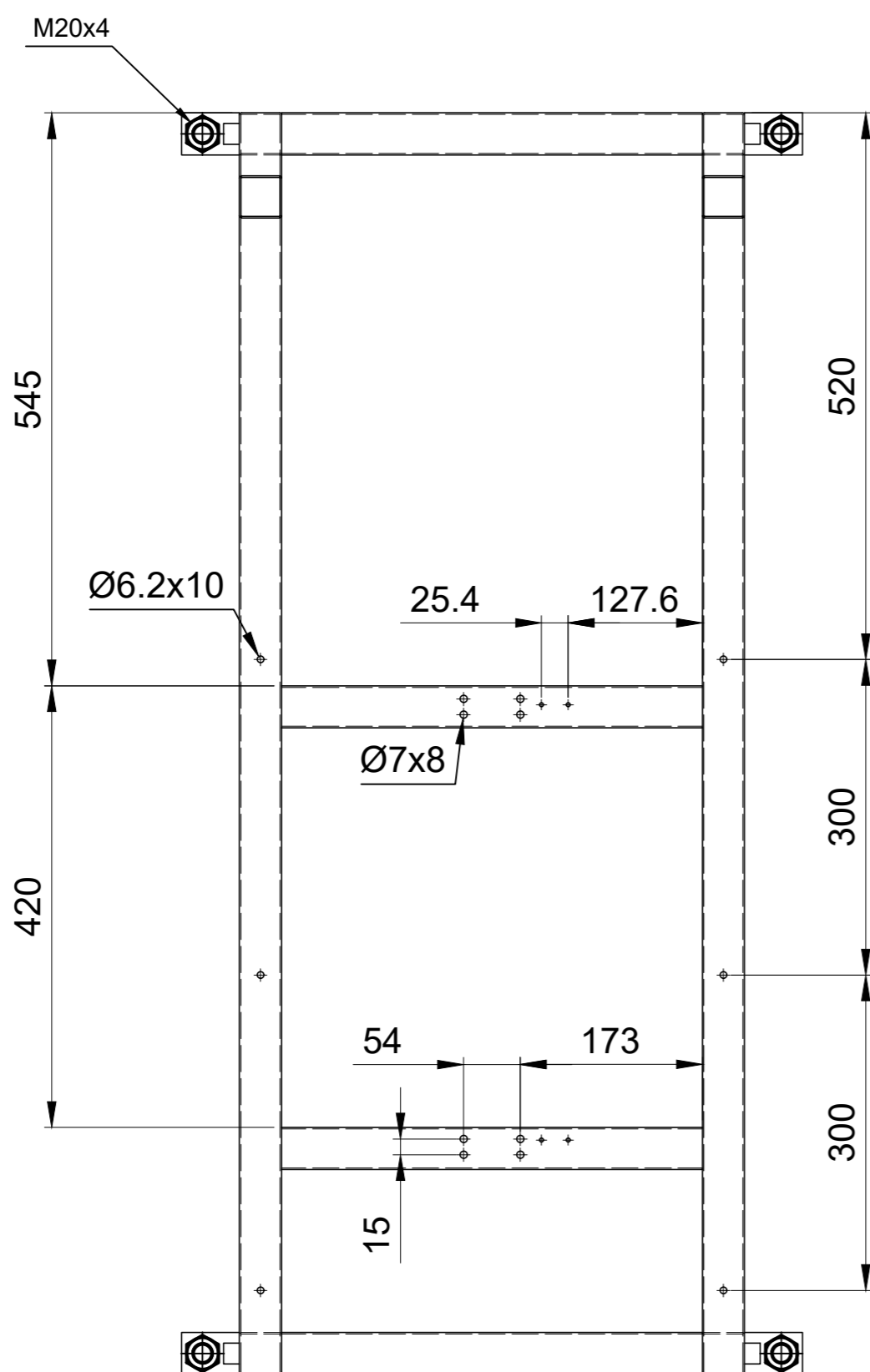
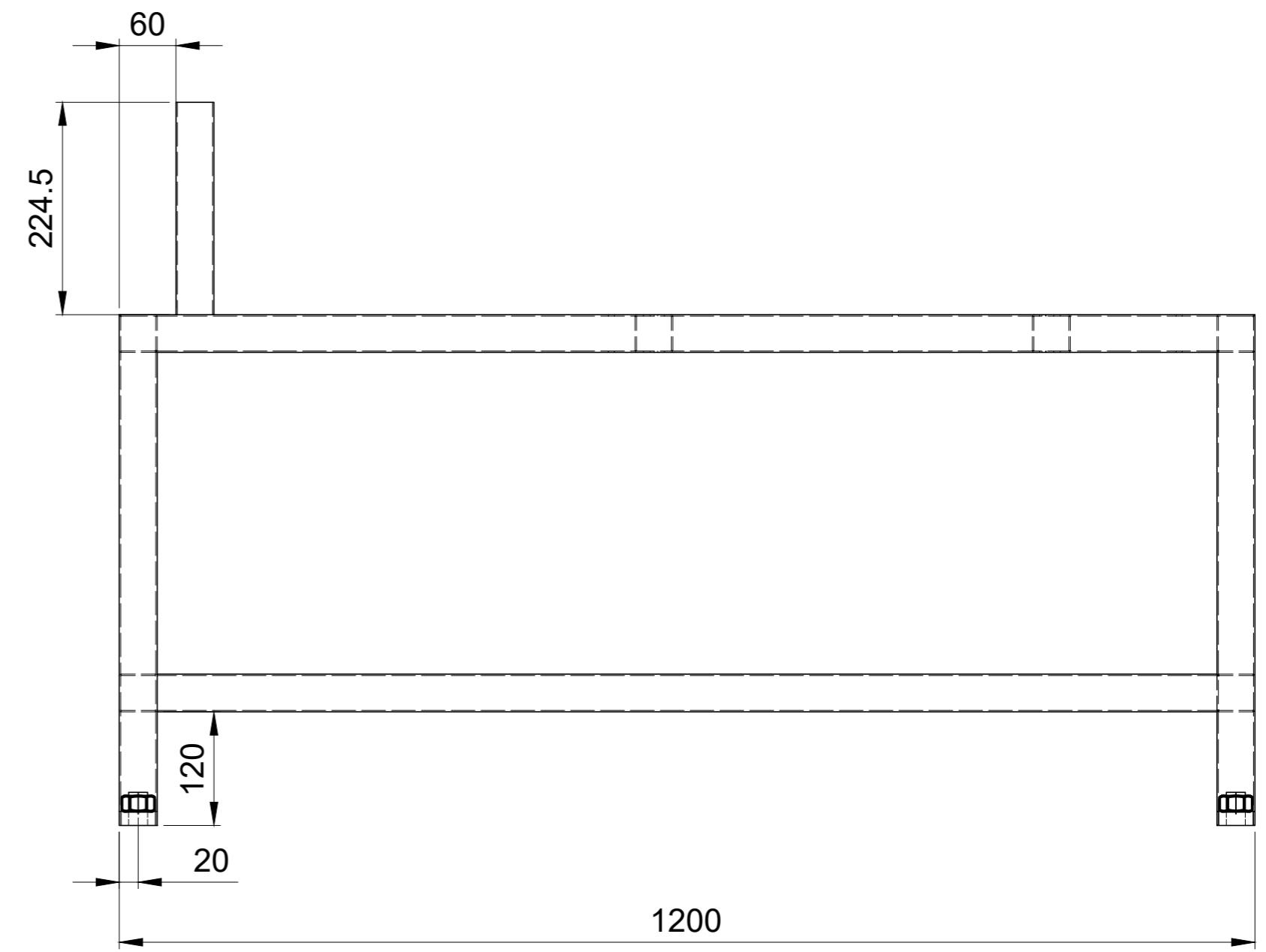
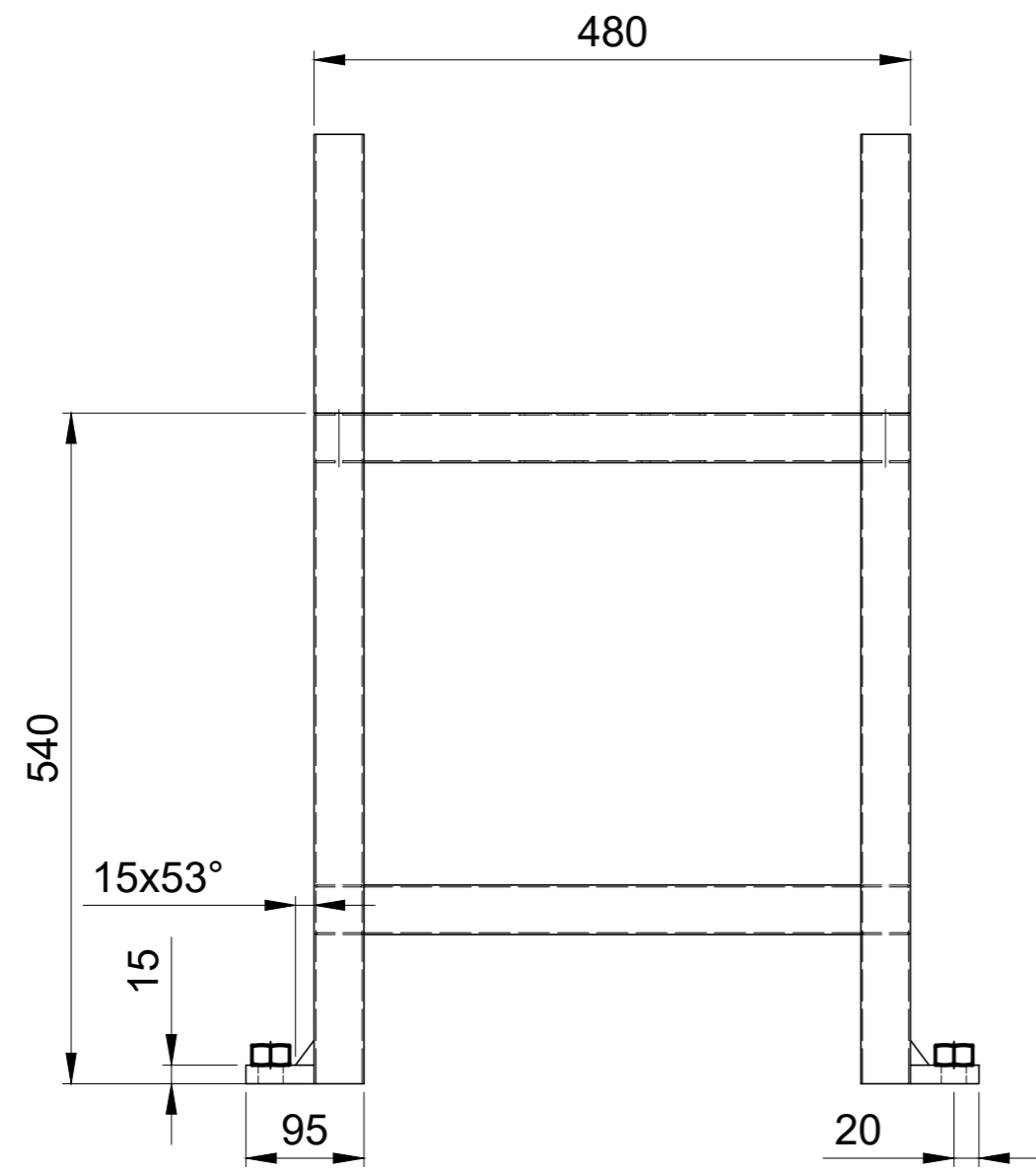
e: 6 mm

Escala: 1:2



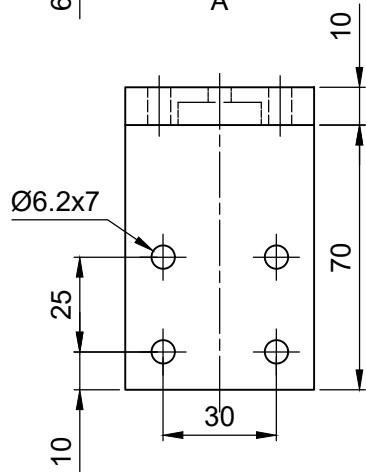
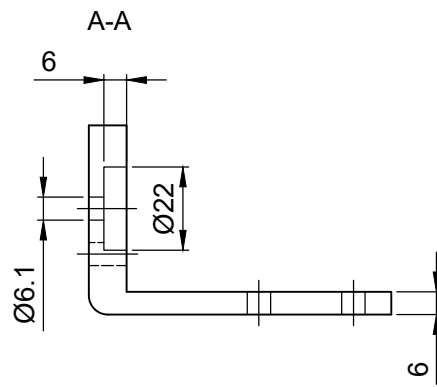
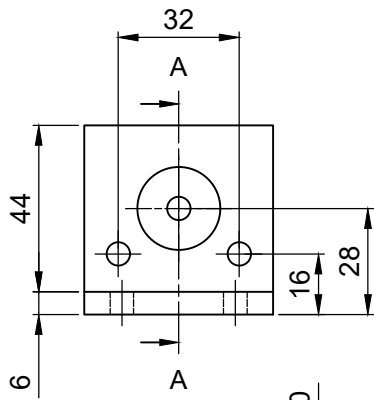
1	Tornillo allen M20	1.3	N/A	N/A
1	Casquillo de rodamiento	1.2	Tubo céd. 40 Ø3/4	PINTADO
1	Placa	1.1	Acero dulce	PINTADO
CANT.	DENOMINACIÓN	MARCA	MATERIAL	TRATAMIENTO
	Escala	Dibujado por	Revisado por	Fecha
	1:1	Israel Sinchi, Juan Zambrano	Ing. Marlon Quinde	31/07/2025
Trabajo de titulación				Nivel
				8
				Nº Hoja
Periodo 66: marzo-agosto 2025				3
CORTADORA-AUTOMÁTICA Niveladores				
Carrera				
Ing. Mecatrónica				

3

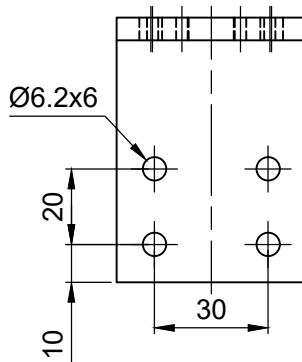
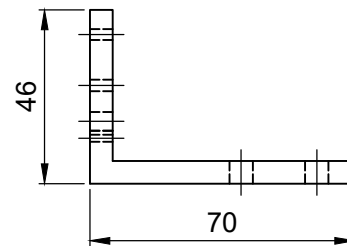
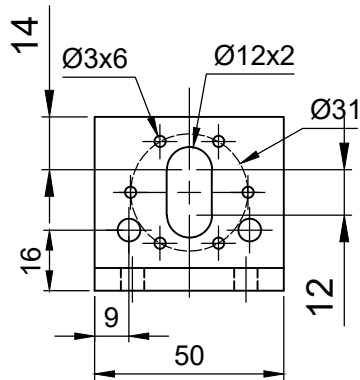


1	Base cortadora	2	Acero Dulce
CANT.	DENOMINACIÓN	Marca	Material
		Dibujado por	Revisado por
	Escala	Israel Sinchi, Juan Zambrano	Ing. Marlon Quinde
	1:6		Fecha
	Trabajo de titulación		31/07/2025
		Cortadora automática	
			Nivel
			8
			N° Hoja
			4
		Carrera	
		Ing. Mecatrónica	
Periodo 66: Marzo-agosto 2025			

7

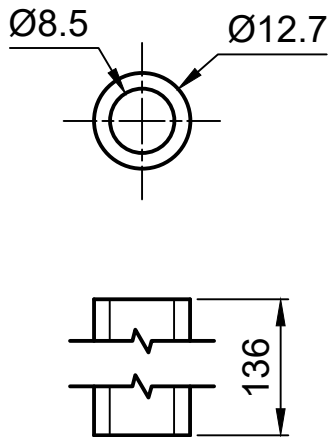


11

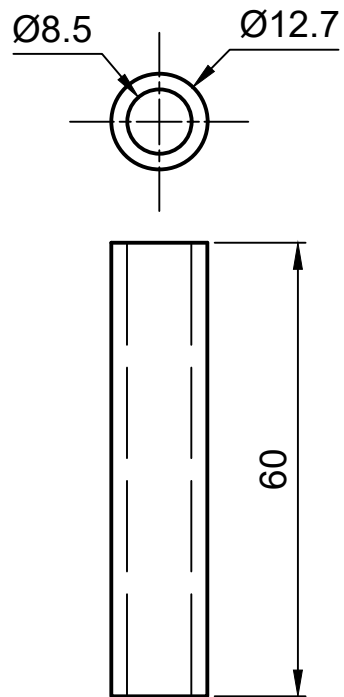


1	Soporte sensor de corte	11	Acero Dulce
1	Base sensor de corte	7	Acero Dulce
CANT.	DENOMINACIÓN	MARCA	MATERIAL
	Escala 1:2	Dibujado por Israel Sinchi, Juan Zambrano	Revisado por Ing. Marlon Quinde
	Trabajo de titulación	Cortadora Automática	
	Fecha 31/07/2025		
Periodo 66: marzo-agosto 2025	Carrera Ing. Mecatrónica	Nivel 8	N° Hoja 6

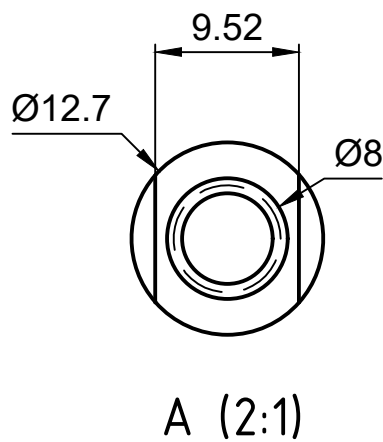
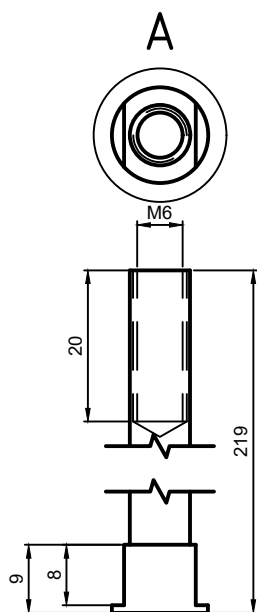
17.3






17.2

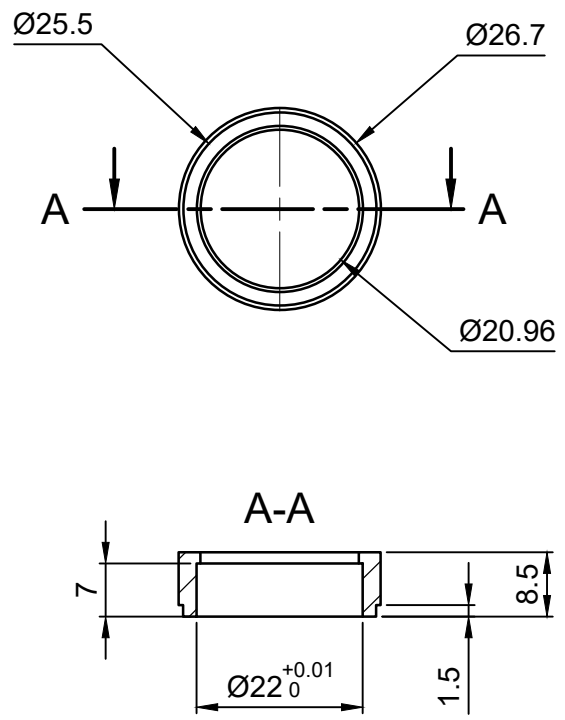


17.1

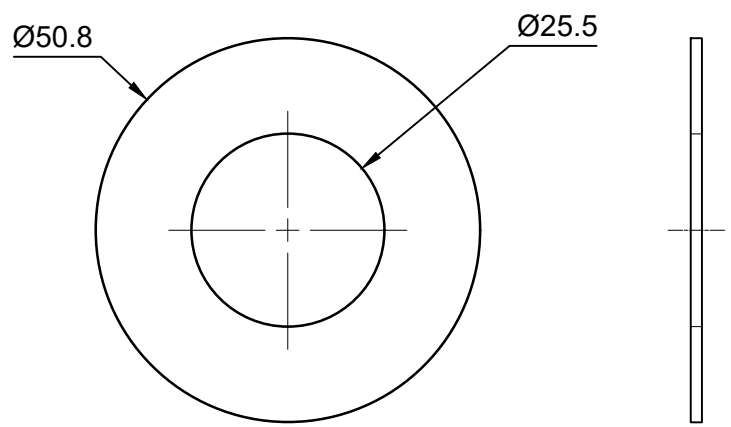


1	Casquillo interno	17.3	AISI 1018	PINTADO
1	Casquillo externo	17.2	AISI 1018	PINTADO
1	Eje para rodillo lateral	17.1	AISI 1018	PINTADO
CANT.	DENOMINACIÓN	MARCA	MATERIAL	TRATAMIENTO
	Escala	Dibujado por	Revisado por	Fecha
	1:1	Israel Sinchi, Juan Zambrano	Ing. Marlon Quinde	31/07/2025
Trabajo de titulación			CORTADORA-AUTOMÁTICA	
			Particulares rodillos laterales	
			Carrera	
Periodo 66: marzo-agosto 2025			Ing. Mecatrónica	
				Nivel
				8
				N° Hoja
				7

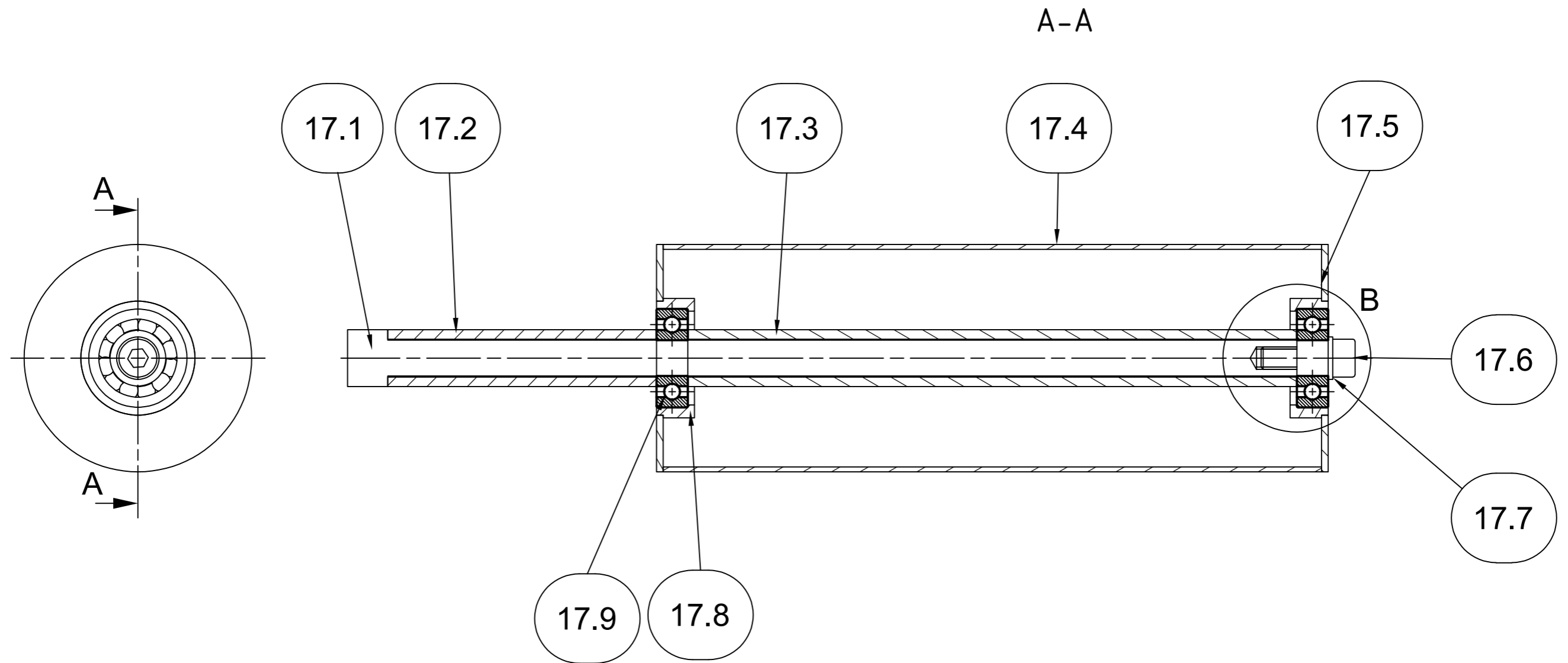
17.8



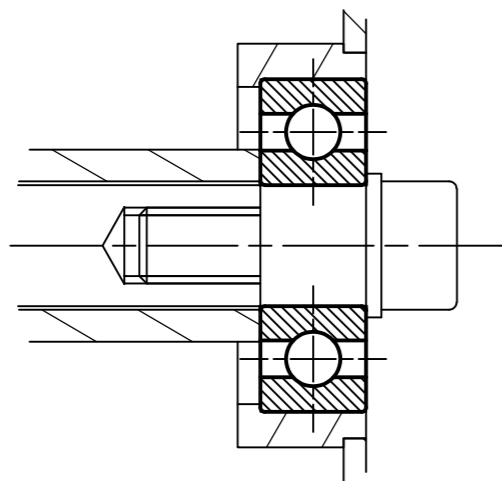
17.5



1	Tapa	17.5	Acero inox.	N/A
1	Casquillo para rodamiento	17.8	Tubo ced. 40	N/A
CANT.	DENOMINACIÓN	MARCA	MATERIAL	TRATAMIENTO
	Escala	Dibujado por	Revisado por	Fecha
	1:1	Israel Sinchi, Juan Zambrano	Ing. Marlon Quinde	31/07/2025
Trabajo de titulación		CORTADORA_AUTOMÁTICA Rodillo lateral		Nivel
		Carrera		8
		Ing. Mecatrónica		N° Hoja
Periodo 66: marzo-agosto 2025				8



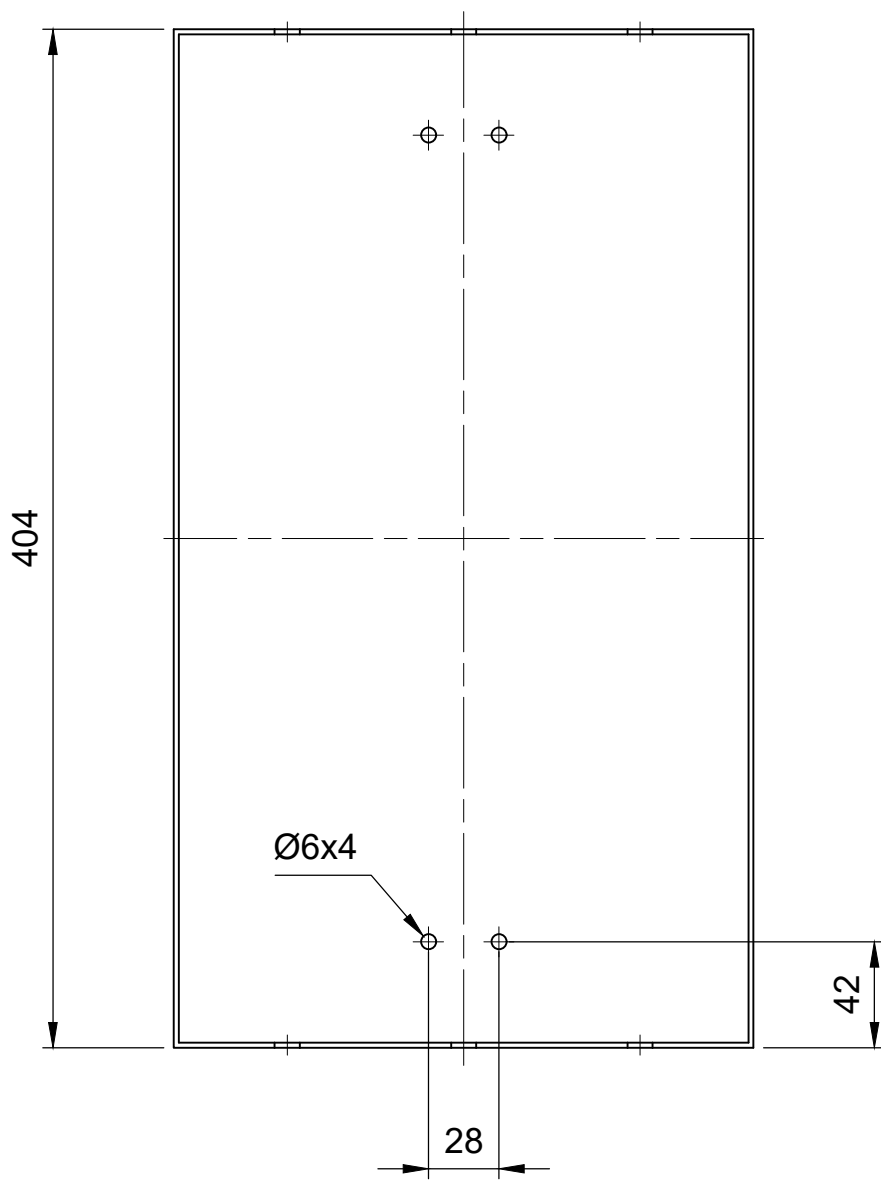
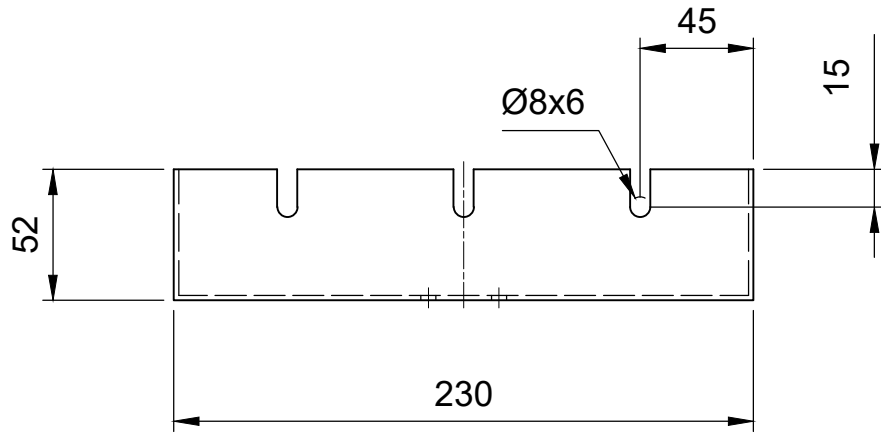
B (2:1)



2	Rodamiento 608 2 RS	17.9	N/A	N/A
2	Casquillo para rodamiento	17.8	Tubo céd. 40 $\phi$ 3/4	N/A
1	Arandela $\phi$ 6	17.7	N/A	N/A
1	Tornillo allen M6x16	17.6	N/A	N/A
2	Tapa	17.5	Acero inox 304	N/A
1	Rodillo $\phi$ 2"	17.4	Acero inox 304	N/A
1	Casquillo interno	17.3	AISI 1018	PINTADO
1	Casquillo externo	17.2	AISI 1018	PINTADO
1	Eje	17.1	AISI 1018	PINTADO
CANT.	DENOMINACIÓN	MARCA	MATERIAL	TRATAMIENTO

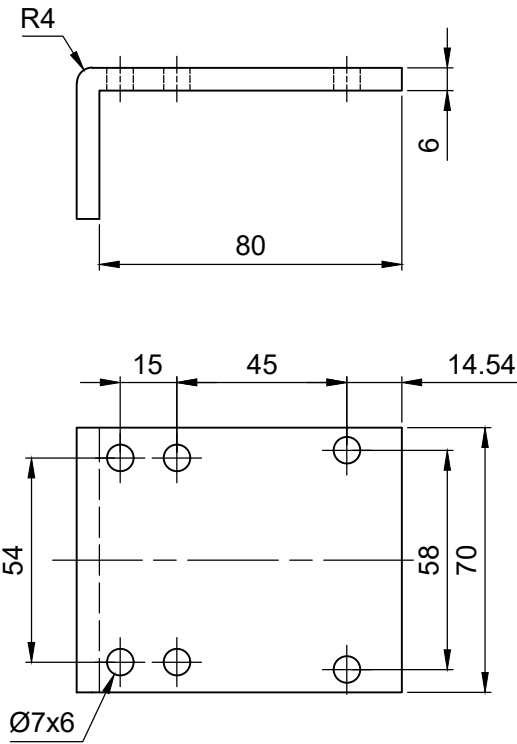
	Escala	Dibujado por	Revisado por	Fecha
	1:1	Israel Sinchi, Juan Zambrano	Ing. Marlon Quinde	31/07/2025
Trabajo de titulación		CORTADORA AUTOMÁTICA Rodillo lateral		Nivel 8
		Carrera		N° Hoja
		Ing. Mecatrónica		9
Periodo 66 marzo-agosto 2025				

18

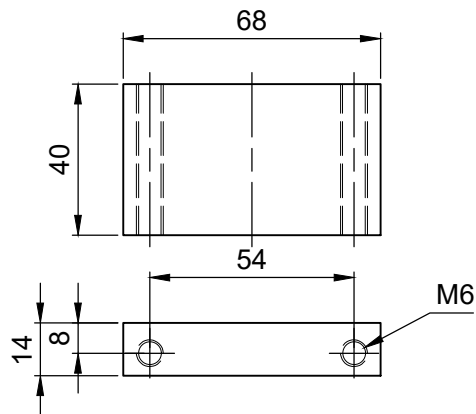


1	Bandeja para rodillos	18	Plancha e: 2 mm	Pintado
CANT.	DENOMINACIÓN	MARCA	MATERIAL	TRATAMIENTO
	Escala 1:3	Dibujado por Israel Sinchi, Juan Zambrano	Revisado por Ing. Marlon Quinde	Fecha 31/07/2025
Trabajo de titulación		CORTADORA-AUTOMÁTICA		Nivel 8
		Carrera Ing. Mecatrónica		N° Hoja 10
		Periodo 66: marzo-agosto 2025		

19

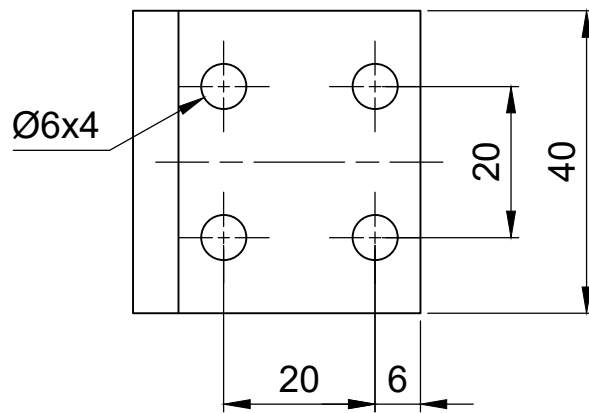
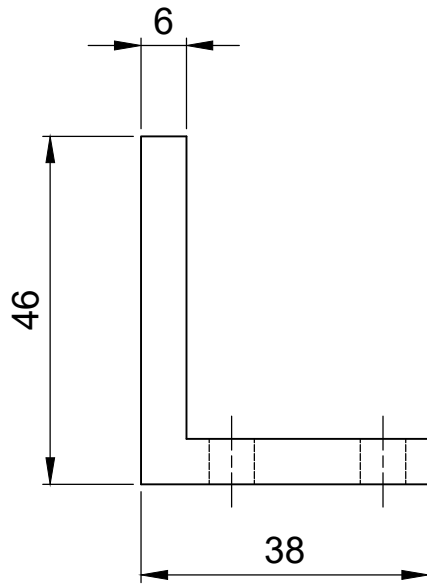


5

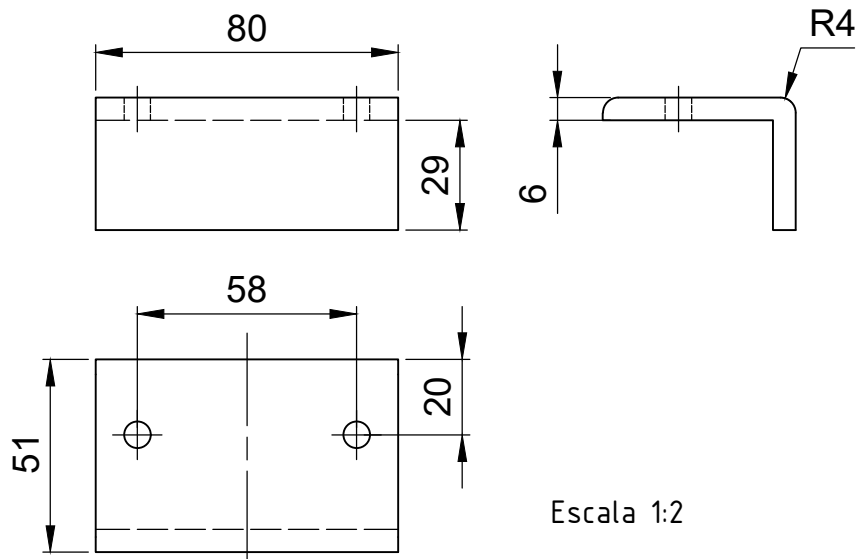


1	Soporte Motor Nema 23	5	Acero Dulce
1	Plancha motor 2	19	Acero Dulce
CANT.	DENOMINACIÓN	MARCA	MATERIAL
	Escala	Dibujado por	Revisado por
	1:2	Israel Sinchi, Juan Zambrano	Ing. Marlon Quinde
Trabajo de Titulación			Nivel
			8
			N° Hoja
Periodo 66: marzo-agosto 2025			11
Cortadora Automática			
Carrera			
Ing. Mecatrónica			

21

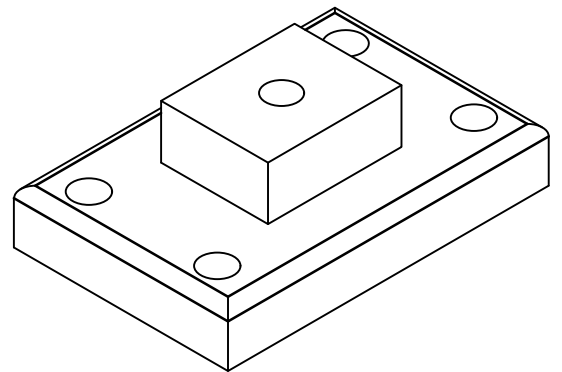
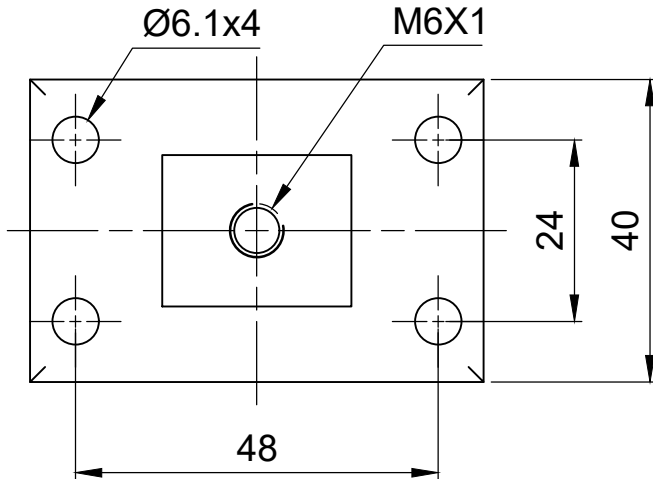
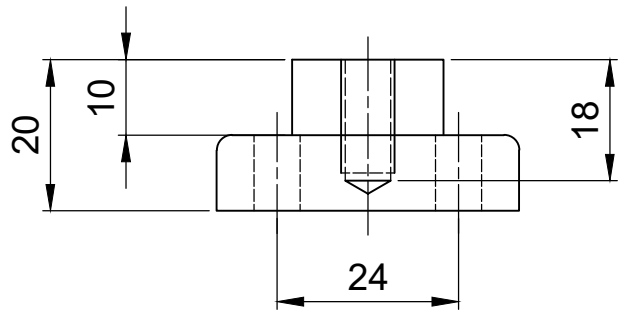
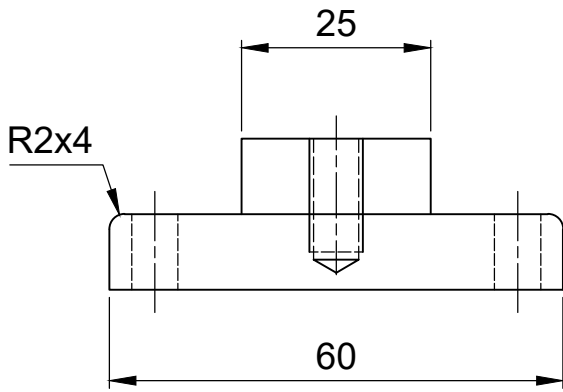


3



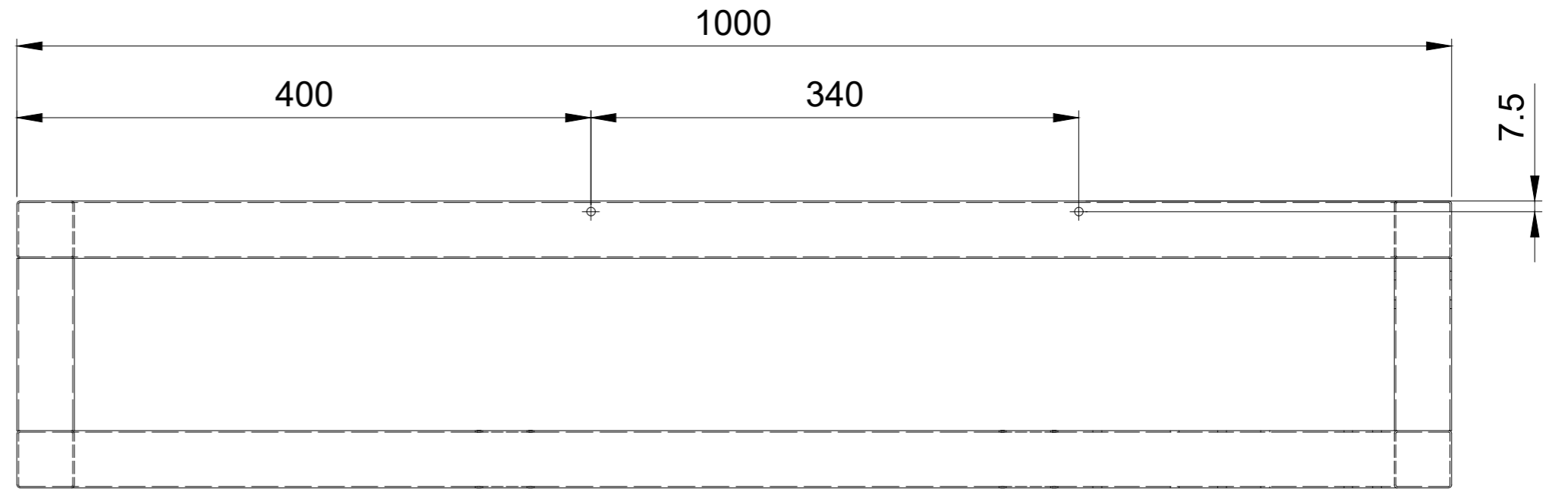
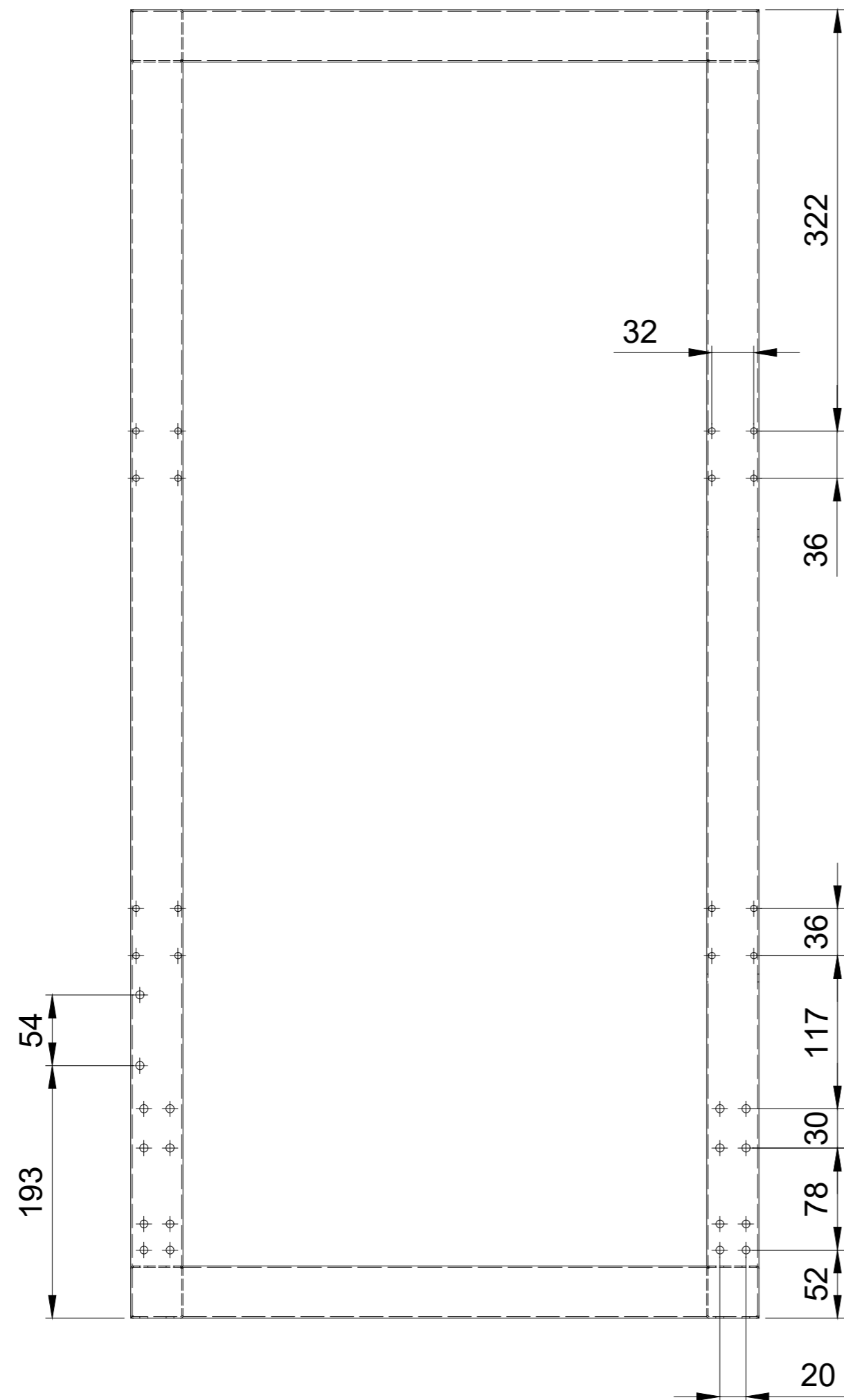
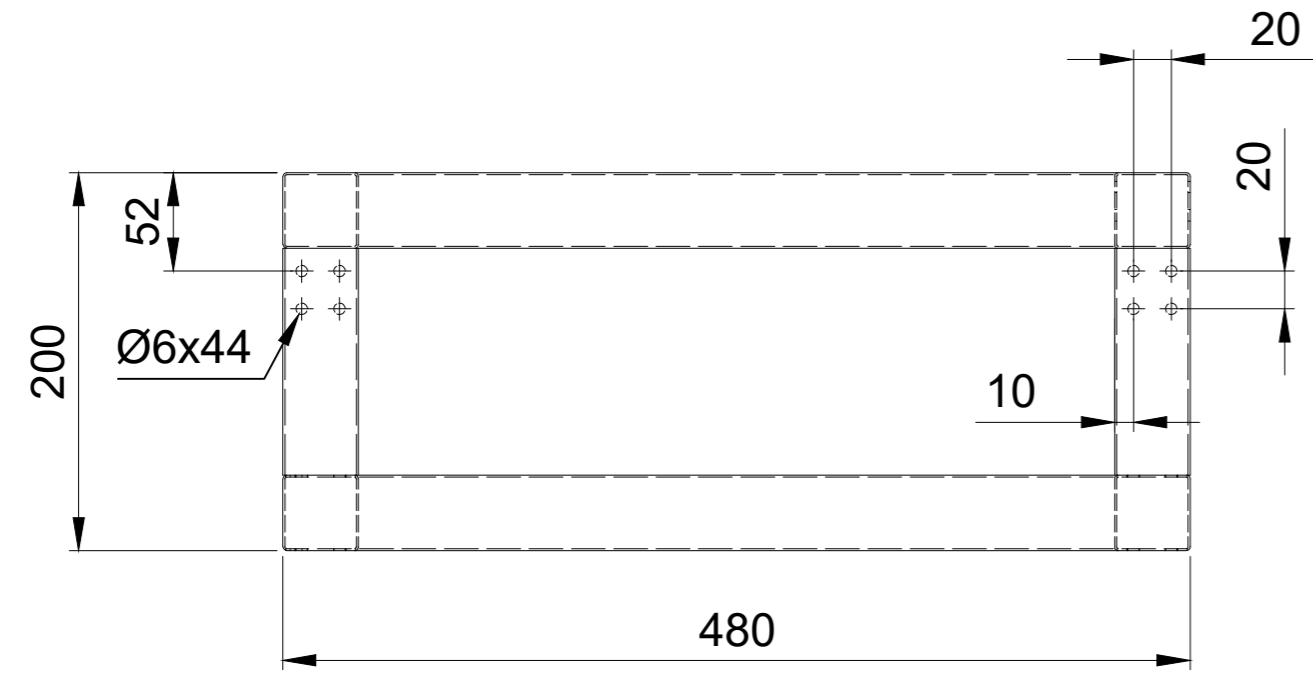
1	Unión desmontable carro longitudinal	21	Acero Dulce
1	Soporte de motor NEMA 23	3	Acero Dulce
CANT.	DENOMINACIÓN	MARCA	MATERIAL
	Escala 1:1	Dibujado por Israel Sinchi, Juan Zambrano	Revisado por Ing. Marlon Quinde
Trabajo de Titulación			Fecha 31/07/2025
			Nivel 8
			N° Hoja 12
Periodo 66: marzo-agosto 2025		Carrera Ing. Mecatrónica	

18

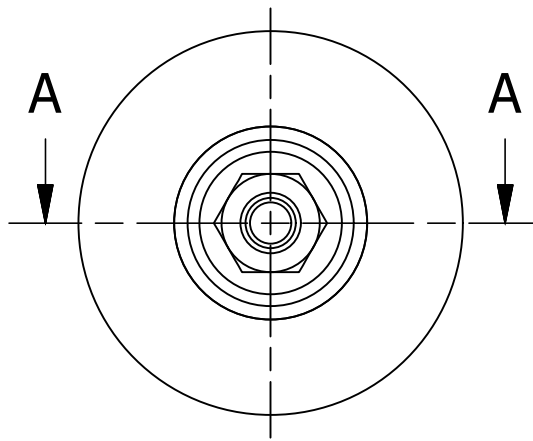


1	Base tensor de alambre	20	Acero Dulce
CANT.	DENOMINACIÓN	MARCA	MATERIAL
	Escala 1:1	Dibujado por Israel Sinchi, Juan Zambrano	Revisado por Ing. Marlon Quinde
Trabajo de titulación		Fecha 31/07/2025	
	Cortadora Automática		Nivel 8
	Carrera Ing. Mecatrónica		N° Hoja 12
	Periodo 66: marzo-agosto 2025		

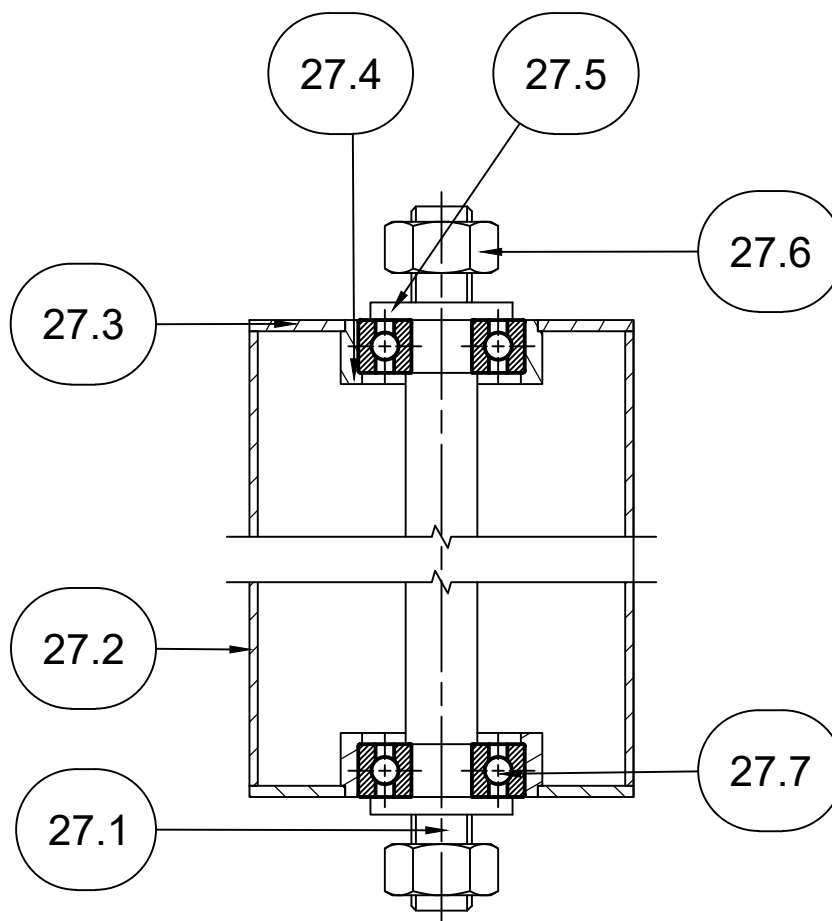
22






1	Carro longitudinal	22	Acero Dulce
CANT.	DENOMINACIÓN	Marca	Material
	Escala 1:4	Dibujado por Israel Sinchi, Juan Zambrano	Revisado por Ing. Marlon Quinde
Trabajo de titulación	CORTADORA AUTOMÁTICA		Fecha 31/07/2025
	Carrera Ing. Mecatrónica		Nivel 8
Periodo 66: Marzo-agosto 2025			N° Hoja 13



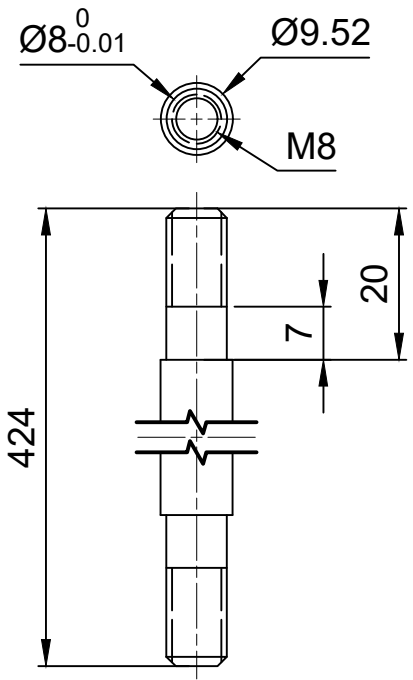
A-A



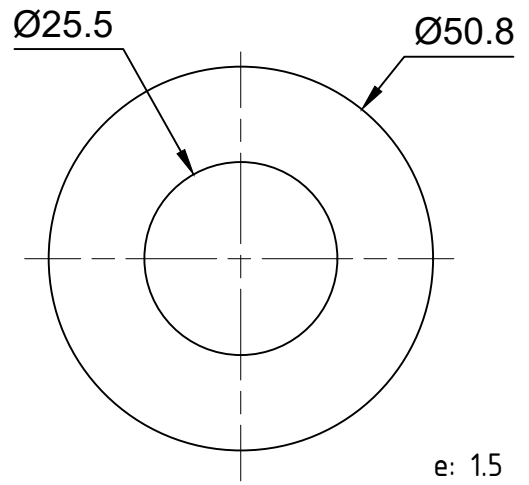
2	Rodamiento 608 2RS	27.7	N/A	N/A
2	Tuerca M8	27.6	Acero inox.	N/A
2	Arandela $\phi 8$	27.5	Acero inox.	N/A
2	Casquillo para rodamiento	27.4	tubo ced. 40 $\phi 3/4$	N/A
2	Tapa	27.3	Acero inox 304	N/A
1	Rodillo $\phi 2''$	27.2	Acero inox. 304	N/A
1	Eje	27.1	AISI 1018	PINTADO

CANT.	DENOMINACIÓN	MARCA	MATERIAL	TRATAMIENTO
		Escala	Dibujado por	Revisado por
		1:1	Israel Sinchi, Juan Zambrano	Ing. Marlon Quinde
Trabajo de titulación		CORTADORA_AUTOMÁTICA		Fecha
		Rodillo general		Nivel
		Carrera		8
Periodo 66: marzo-agosto 2025		Ing. Mecatrónica		N° Hoja
				14

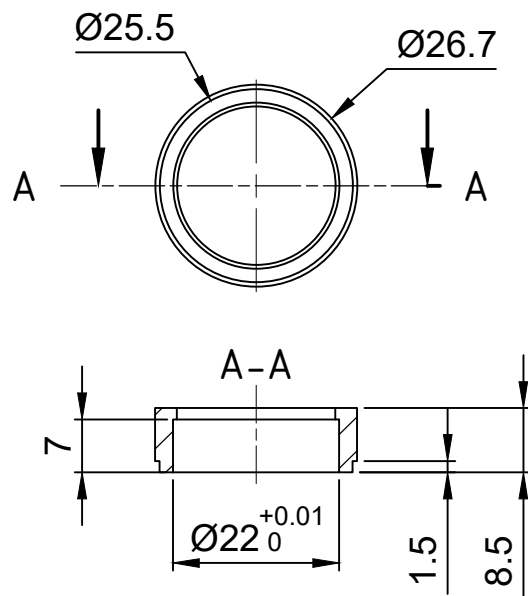
27.1



27.3

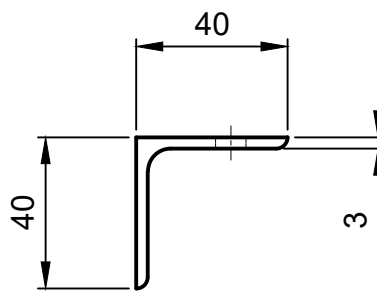
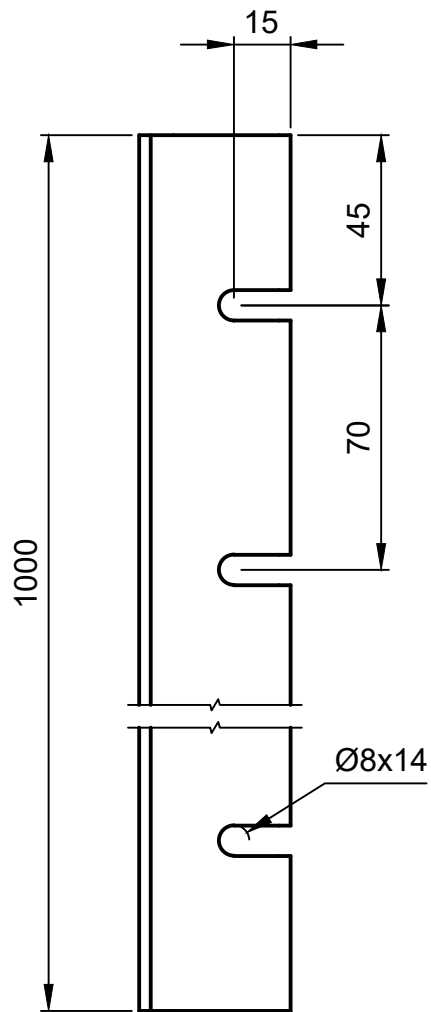


27.4



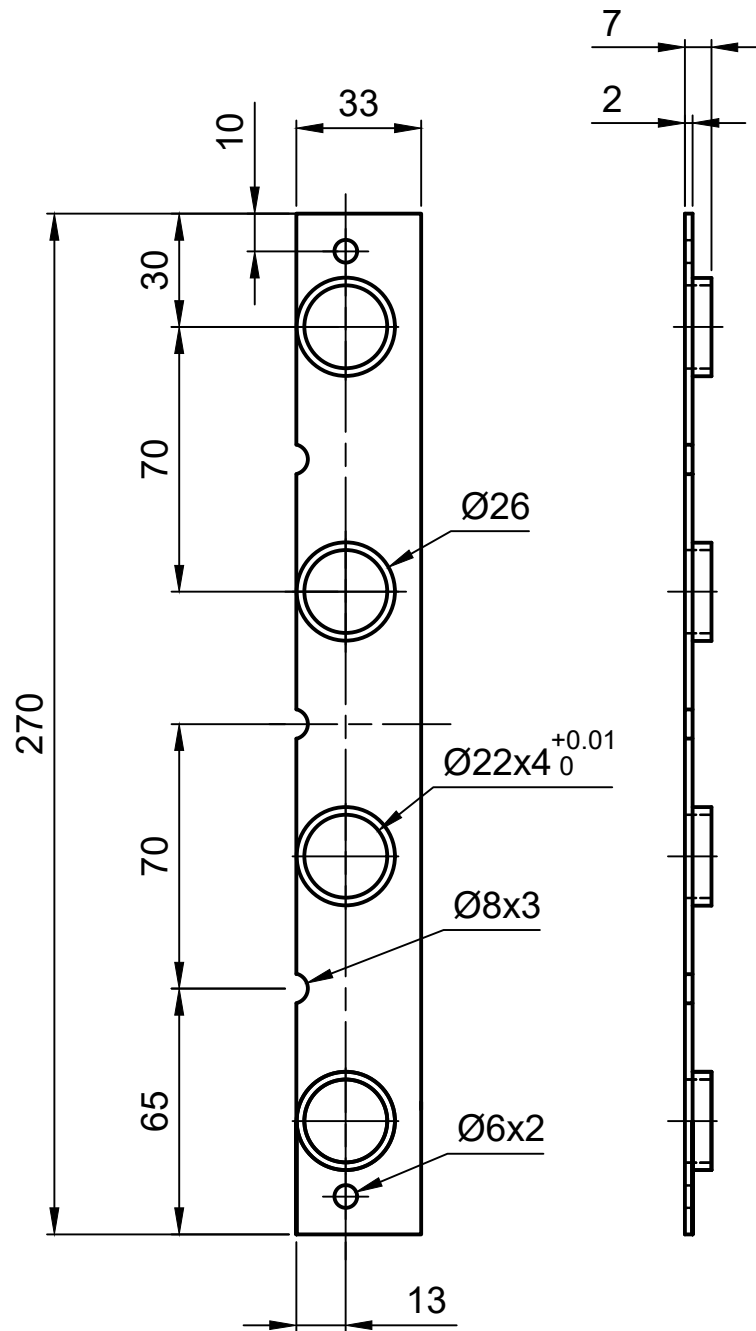
1	Casquillo para rodamiento	27.4	AISI 1018	PINTADO
1	Tapa	27.3	Tubo ced. 40 Ø3/4	PINTADO
1	Eje	27.1	Acero inox. 304	N/A
CANT.	DENOMINACIÓN	MARCA	MATERIAL	TRATAMIENTO
	Escala 1:1	Dibujado por Israel Sinchi, Juan Zambrano	Revisado por Ing. Marlon Quinde	Fecha 31/07/2025
Trabajo de titulación				Nivel
<b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b> ECUADOR				8
				N° Hoja
Periodo 66: marzo-agosto 2025				15
CORTADORA-AUTOMÁTICA Particulares rodillo general Carrera Ing. mecatrónica				

28

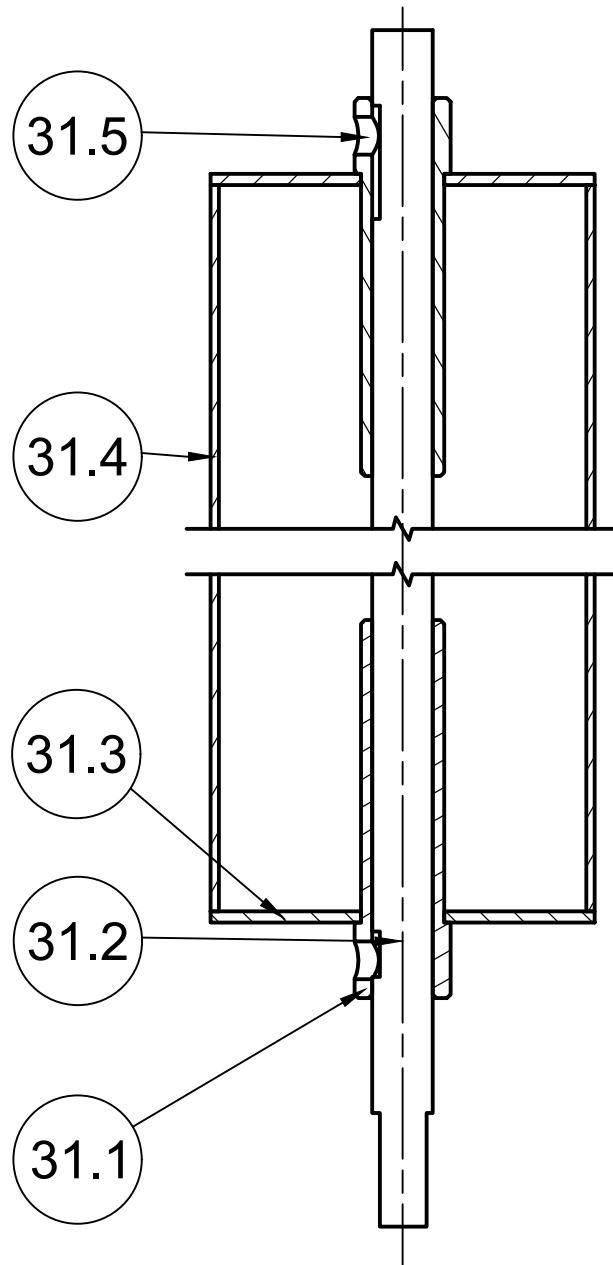


1	Ángulo	28	Acero negro	PINTADO
CANT.	DENOMINACIÓN	MARCA	MATERIAL	TRATAMIENTO
	Escala 1:2	Dibujado por Israel Sinchi, Juan Zambrano	Revisado por Ing. Marlon Quinde	Fecha 31/07/2025
Trabajo de titulación		CORTADORA-AUTOMÁTICA		Nivel
		Ángulo		8
		Carrera		N° Hoja
Periodo 66: marzo-agosto 2025		Ing. Mecatrónica		16

30



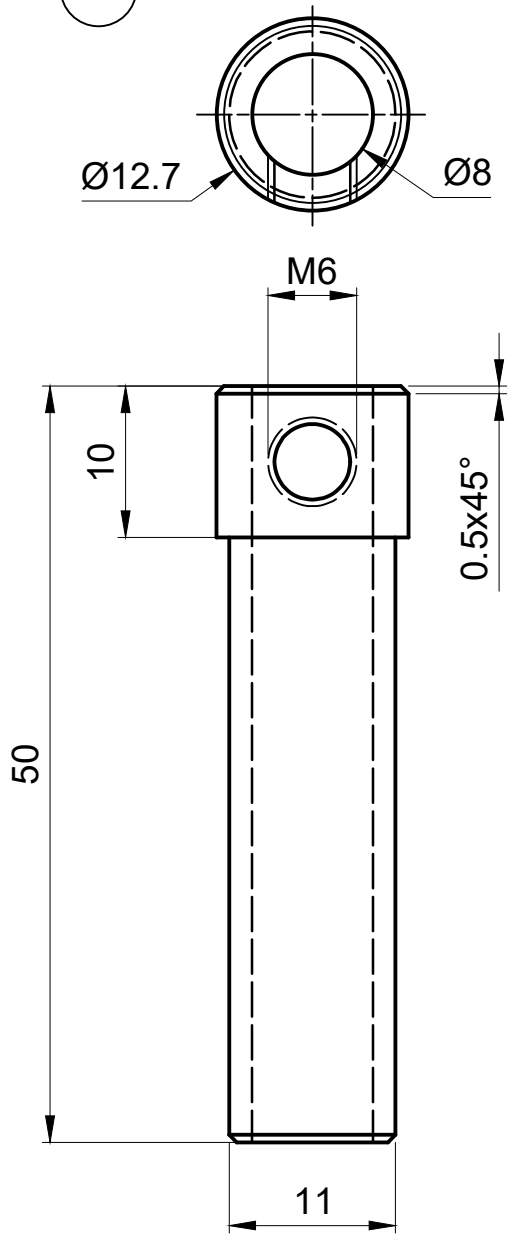
1	Porta rodamientos derecho	30	Grilon	N/A
CANT.	DENOMINACIÓN	MARCA	MATERIAL	TRATAMIENTO
	Escala 1:2	Dibujado por Israel Sinchi, Juan Zambrano	Revisado por Ing. Marlon Quinde.	Fecha 31/07/2025
Trabajo de titulación		CORTADORA-AUTOMÁTICA		Nivel 8
		Carrera Ing. mecatrónica		N° Hoja 17
Periodo 66: marzo-agosto 2025				



2	Prisionero M5	31.5	N/A	N/A
1	Rodillo acero inox $\phi 2'' \times 1.5$ mm	31.4	Acero inox 304	N/A
2	Tapa	31.3	Acero inox 304	N/A
1	Eje	31.2	Acero inox. 304	N/A
2	Buje	31.1	AISI 1018	PINTADO

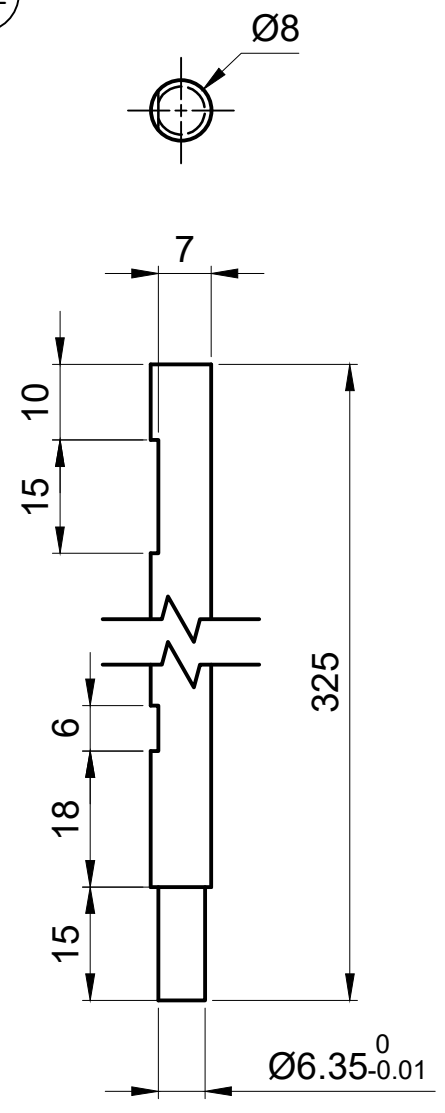
CANT.	DENOMINACIÓN	MARCA	MATERIAL	TRATAMIENTO
	Escala 1:1	Dibujado por Israel Sinchi, Juan Zambrano	Revisado por Ing. Marlon Quinde	Fecha: 31/07/2025
Trabajo de titulación		CORTADORA_AUTOMÁTICA Rodillo conducido		Nivel 8
 Período 66: marzo-agosto 2025		Carrera Ing. Mecatrónica		N° Hoja 18

31.1

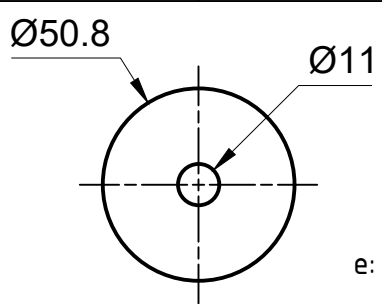


Escala: 2:1

31.2



31.3

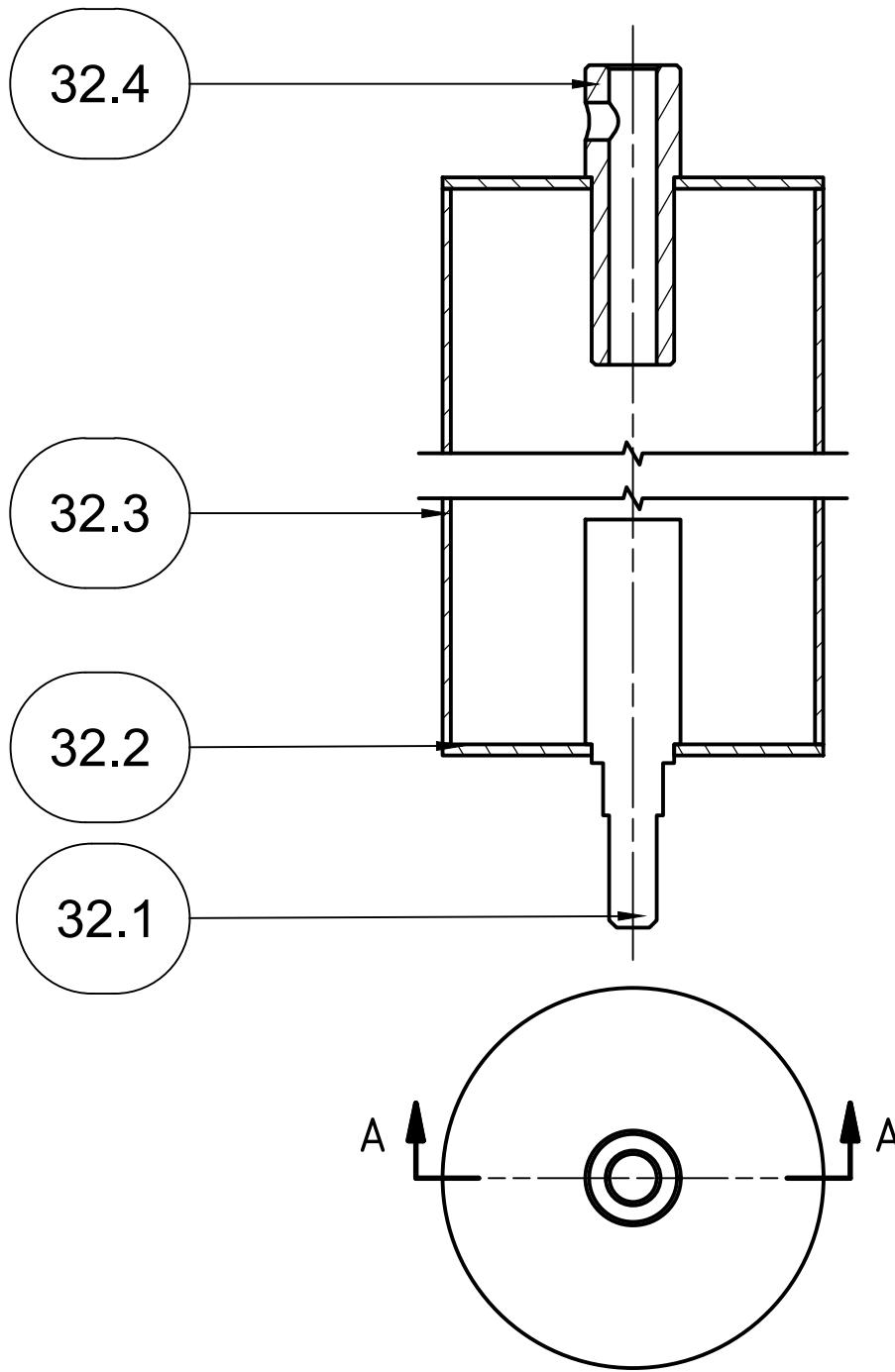


Escala: 1:2

1	Rodillo acero inox Ø2"x 1.5 mm	31.4	Acero inox 304	N/A
2	Tapa	31.3	Acero inox 304	N/A
1	Eje	31.2	Acero inox. 304	N/A
2	Buje	31.1	AISI 1018	PINTADO
CANT.	DENOMINACIÓN	MARCA	MATERIAL	TRATAMIENTO

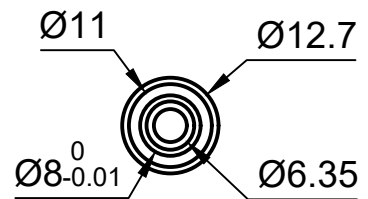
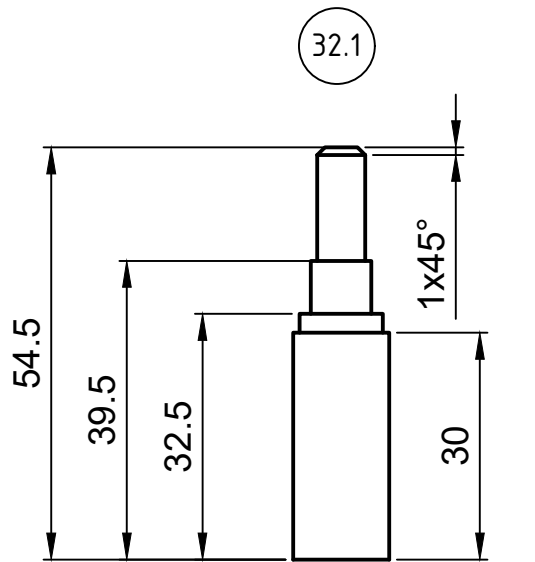
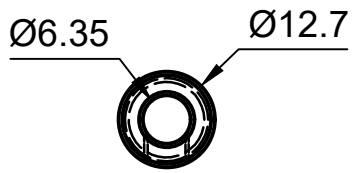
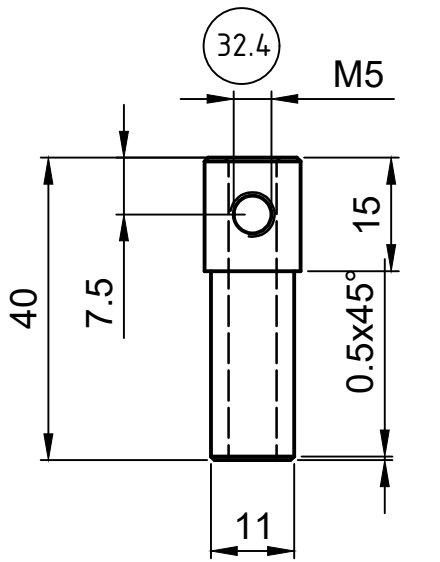
	Escala 1:1	Dibujado por Israel Sinchi, Juan Zambrano	Revisado por Ing. Marlon Quinde	Fecha 31/07/2025
	Trabajo de titulación			Nivel 8
	CORTADORA AUTOMÁTICA Particulares rodillo conducido			N° Hoja 19
	Carrera Ing. Mecatrónica			
Periodo 66: marzo-agosto 2025				

SECCIÓN A-A  
ESCALA 1 : 1

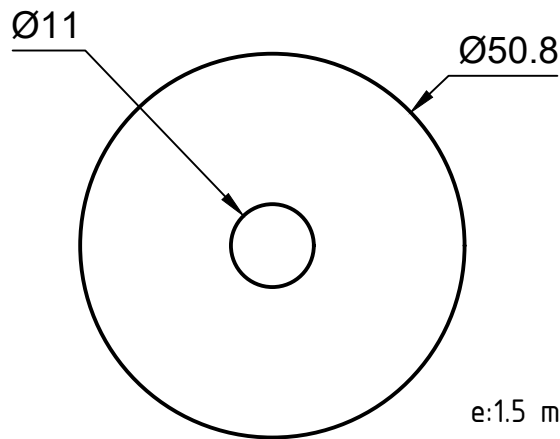


1	Casquillo para motor	32.4	AISI 1018	PINTADO
1	Rodillo $\phi$ 2"	32.3	Acero inox. 304	N/A
2	Tapa	32.2	Acero inox. 304	N/A
1	Eje	32.1	AISI 1018	PINTADO
CANT.	DENOMINACIÓN	MARCA	MATERIAL	TRATAMIENTO

		Escala 1:1	Dibujado por Israel Sinchi, Juan Zambrano	Revisado por Ing. Marlon Quinde	Fecha 31/07/2025
Trabajo de titulación		CORTADORA-AUTOMÁTICA			Nivel 8
					Carrera Ing. Mecatrónica
Periodo 66: marzo-agosto 2025					



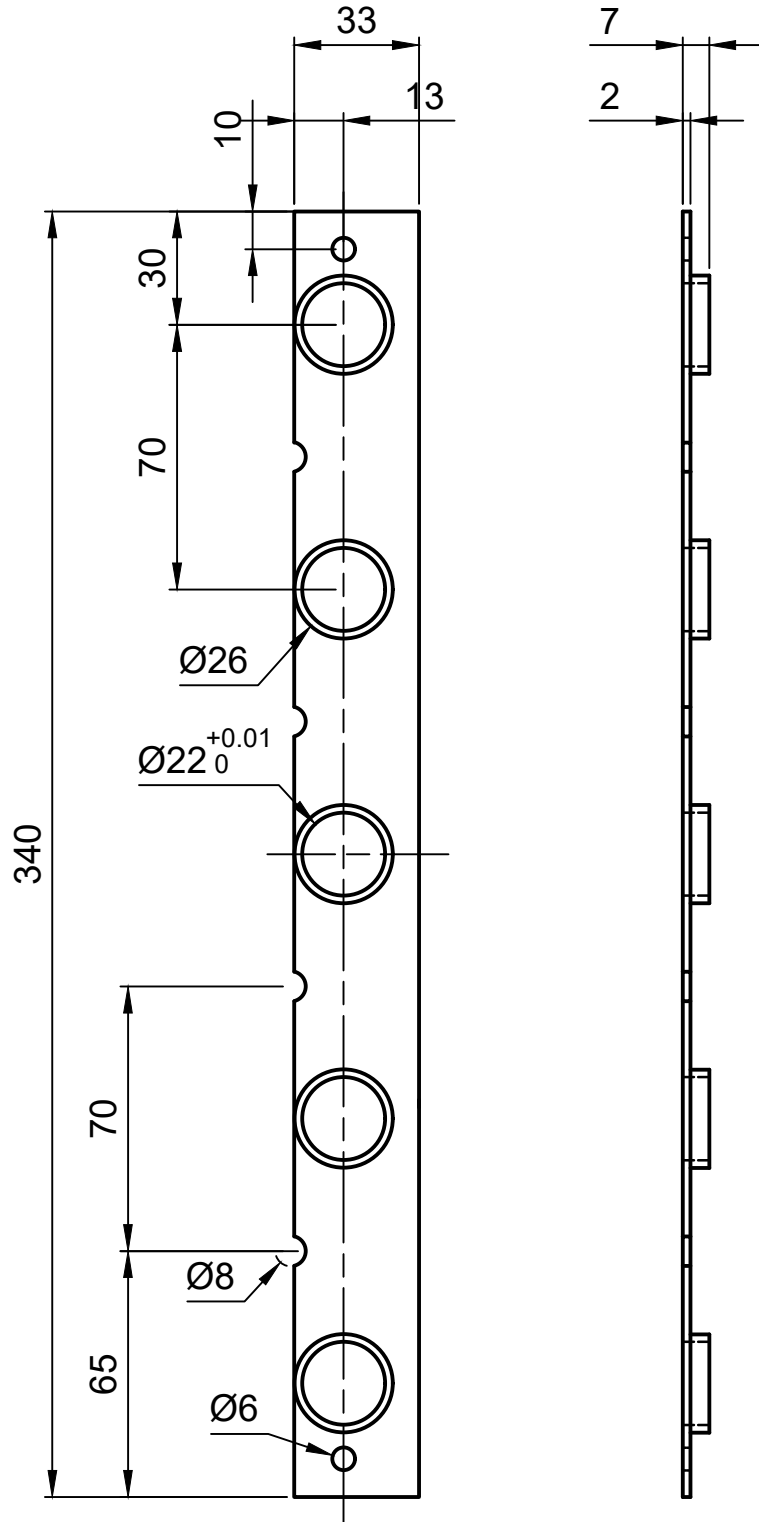
32.2



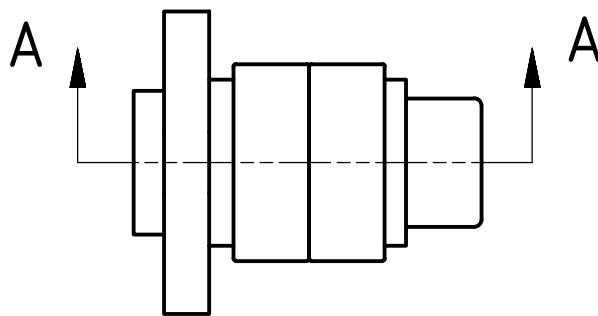
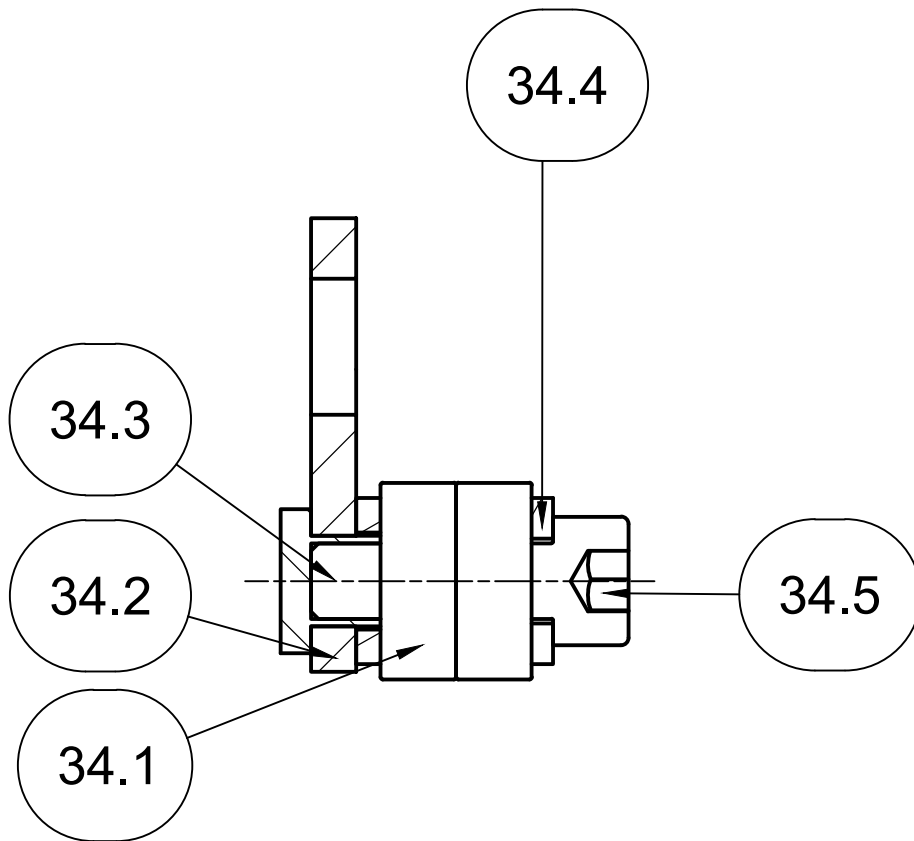
2	Tapa	32.2	Acero inox 304	N/A
1	Eje para rodamiento	32.1	AISI 1018	N/A
1	Casquillo para motor	32.3	AISI 1018	PINTADO
CANT.	DENOMINACIÓN	MARCA	MATERIAL	TRATAMIENTO

	Escala 1:1	Dibujado por Israel Sinchi, Juan Zambrano	Calificado por Ing. Marlon Quinde	Fecha 31/07/2024
	Trabajo de titulación			Nivel 8
	CORTADORA-AUTOMÁTICA			N° Hoja 21
	Carrera Ing. Mecatrónica			
Periodo 66: marzo-agosto 2025				

33



1	Porta rodamientos izquierdo	33	Grilon	N/A
CANT.	DENOMINACIÓN	MARCA	MATERIAL	TRATAMIENTO
	Escala 1:2	Dibujado por Israel Sinchi, Juan Zambrano	Revisado por Ing. Marlon Quinde	Fecha 31/07/2025
Trabajo de titulación		CORTADORA-AUTOMÁTICA		Nivel 8
		Carrera Ing. Mecatrónica		N° Hoja 22
Periodo 66: marzo-agosto 2025				

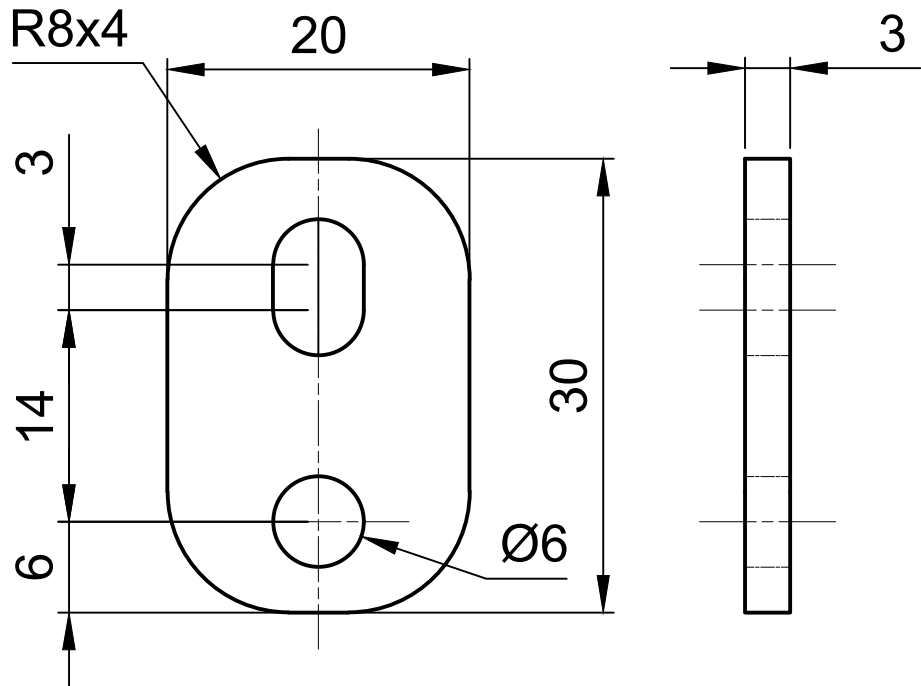


SECCIÓN A-A  
ESCALA 2:1

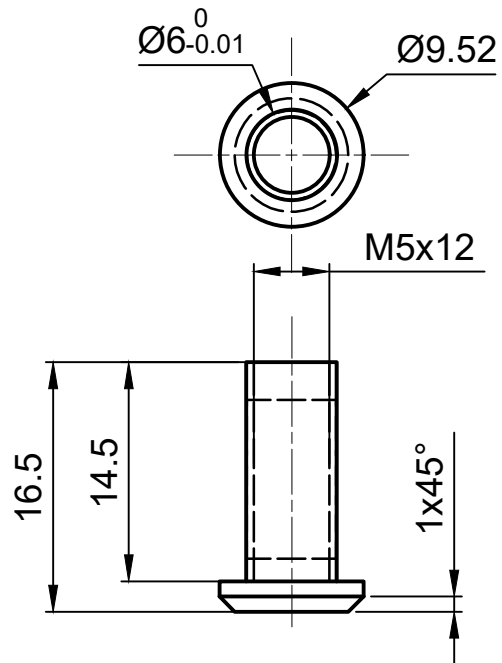
1	Tornillo M5 X 16	34.5	N/A	N/A
2	Arandela $\varnothing$ 6	34.4	N/A	N/A
1	Eje para soporte	34.3	AISI 1018	PINTADO
1	Soporte de tensor	34.2	AISI 1018	PINTADO
1	Rodamiento 625 2R	34.1	N/A	N/A
CANT.	DENOMINACIÓN	MARCA	MATERIAL	TRATAMIENTO

	Escala 2:1	Dibujado por Israel Sinchi, Juan Zambrano	Revisado por Ing. Marlon Quinde	Fecha 31/07/2025
	Trabajo de titulación			Nivel 8
	CORTADORA-AUTOMÁTICA			N° Hoja 23
	Carrera Ing. Mecatrónica			Período 66: marzo-agosto 2025

34.2

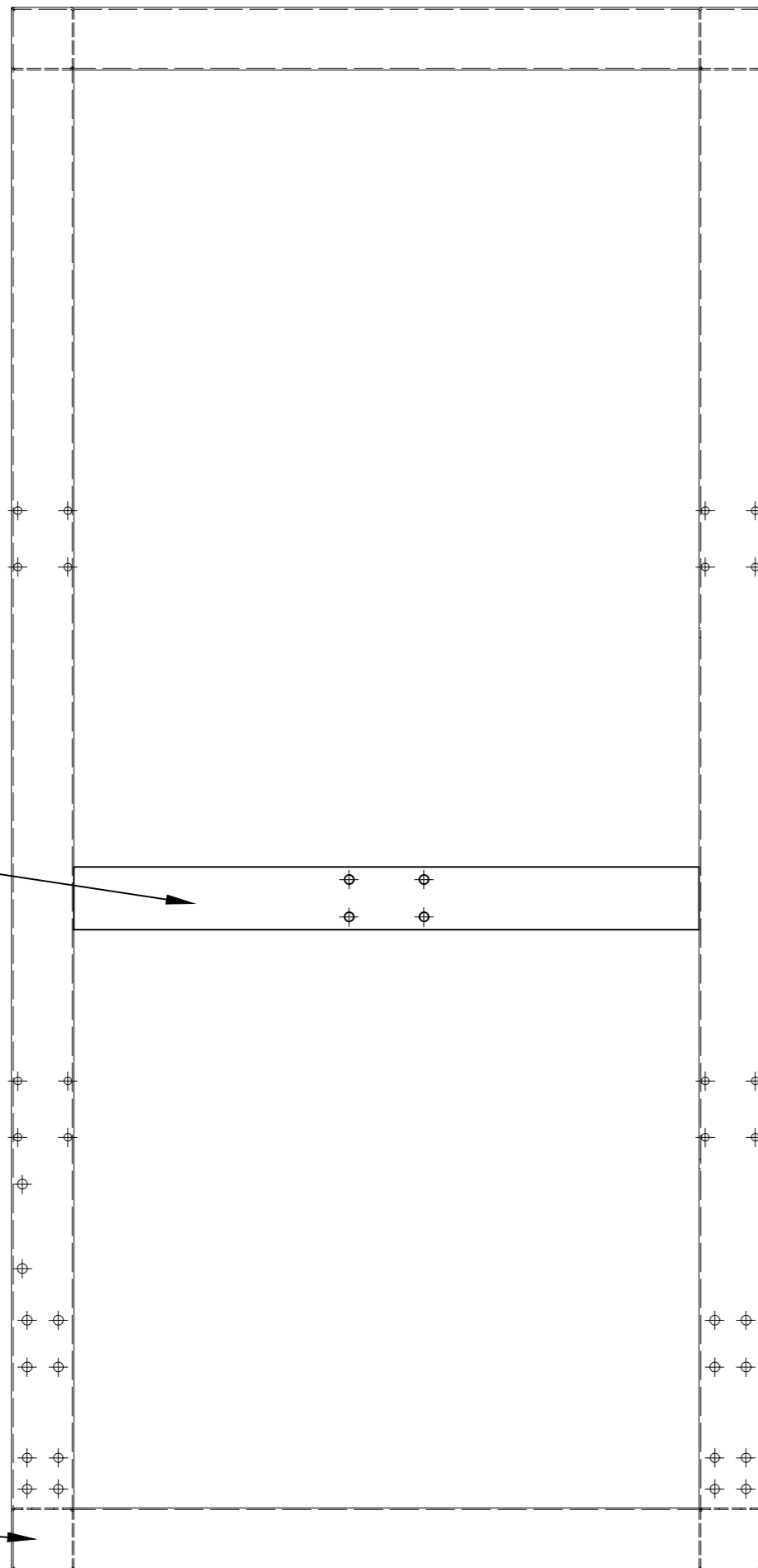
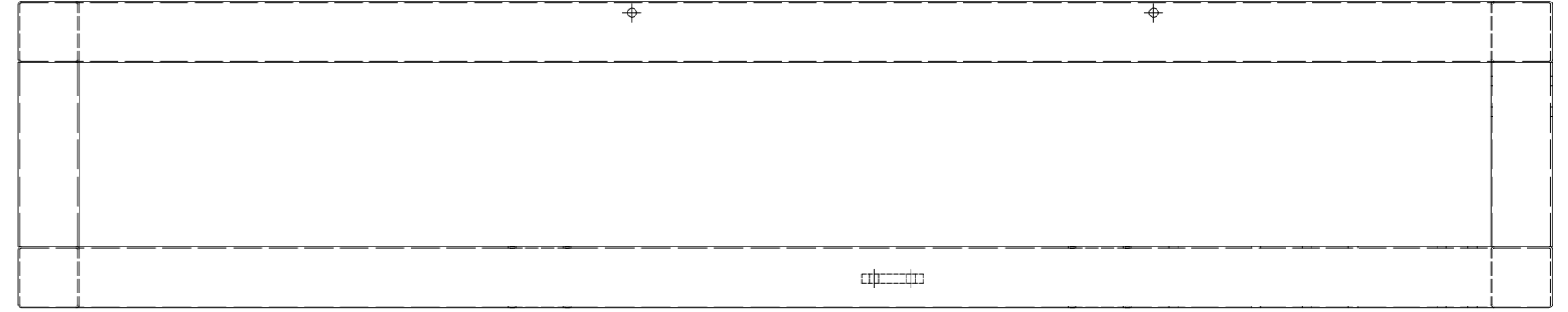


34.3



1	Eje para soporte	34.3	AISI 1018	PINTADO	
1	Soporte de tensor	34.2	Acero negro	PINTADO	
CANT.	DENOMINACIÓN	MARCA	MATERIAL	TRATAMIENTO	
	Escala 2:1	Dibujado por Israel Sinchi, Juan Zambrano	Revisado por Ing. Marlon Quinde	Fecha 31/07/2025	
Trabajo de titulación		CORTADORA-AUTOMÁTICA Particulares tensor		Nivel 8	
				Carrera	N° Hoja
				Ing. Mecatrónica	24
Periodo 66: marzo-agosto 2025					



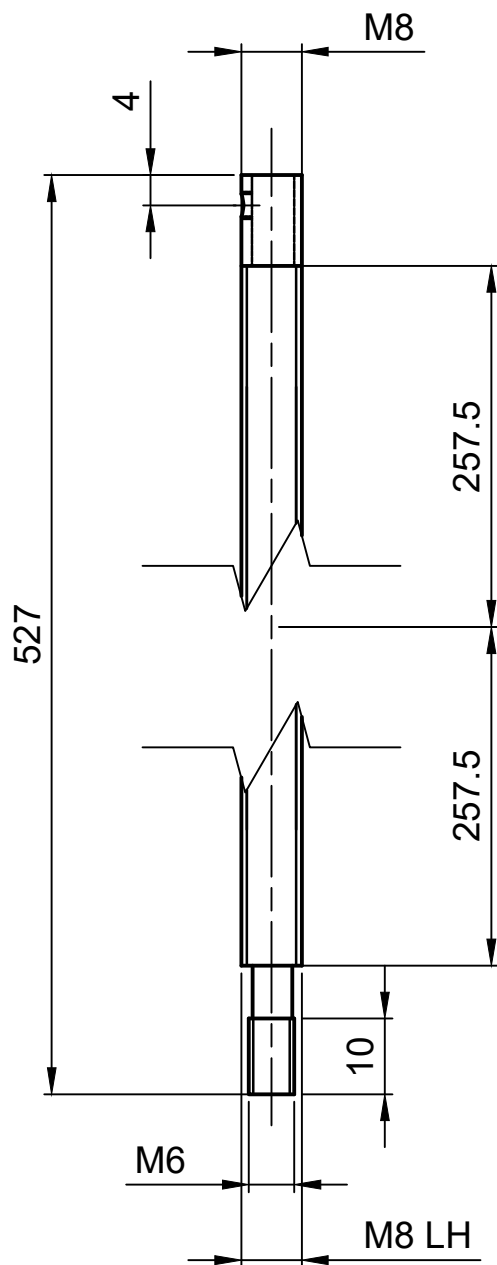


22.1

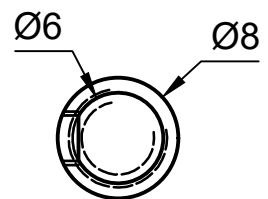
22

1	Unión carro longitudinal	22.1	Acero Dulce
1	Carro longitudinal	22	Acero Dulce
CANT.	DENOMINACIÓN	Marca	Material
	Escala 1:4	Dibujado por Israel Sinchi, Juan Zambrano	Revisado por Ing. Marlon Quinde
Trabajo de titulación			Fecha 31/07/2025
			Nivel 8
			N° Hoja 26
CORTADORA AUTOMÁTICA			
Carrera Ing. Mecatrónica			
Periodo 66: Marzo-agosto 2025			

37



A (2:1)

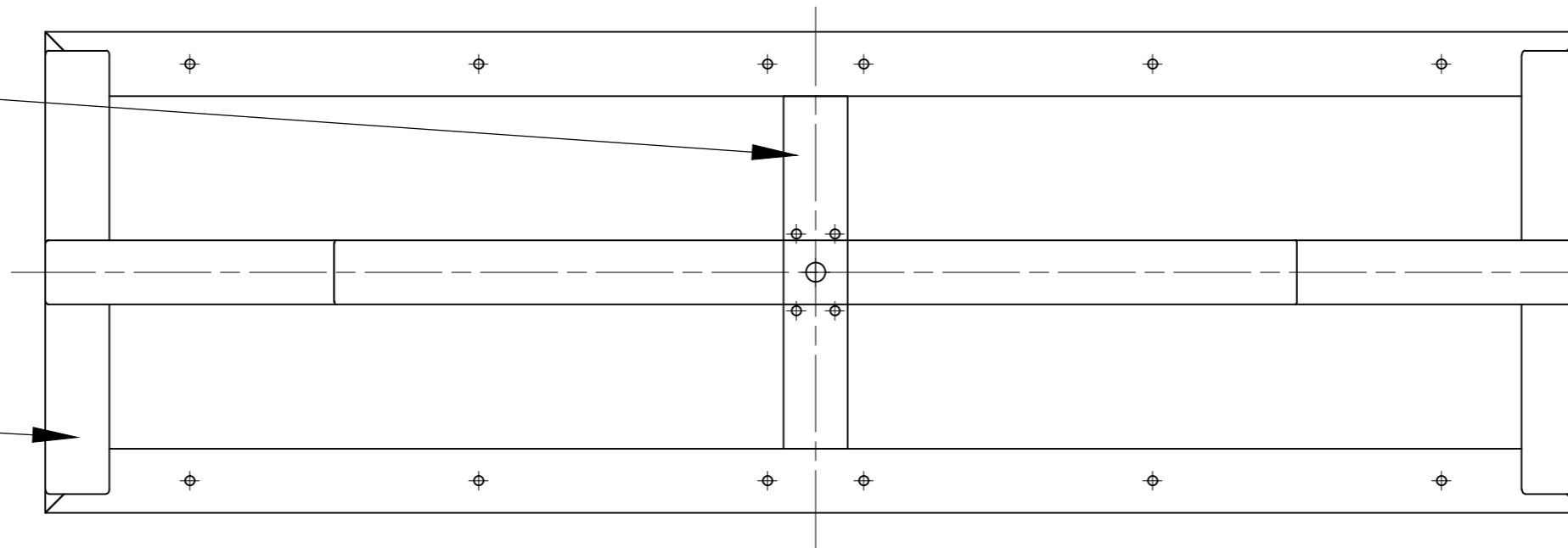


1	Barra roscada para regulador	37	AISI 1018	PINTADO
CANT.	DENOMINACIÓN	MARCA	MATERIAL	TRATAMIENTO
	Escala 1:1	Dibujado por Israel Sinchi, Juan Zambrano	Revisado por Ing. Marlon Quinde	Fecha: 31/07/2025
Trabajo de titulación	CORTADORA_AUTOMÁTICA Barra roscada			Nivel 8
	Carrera Ing. Mecatrónica			N° Hoja 26
Periodo 66: marzo-agosto 2025				



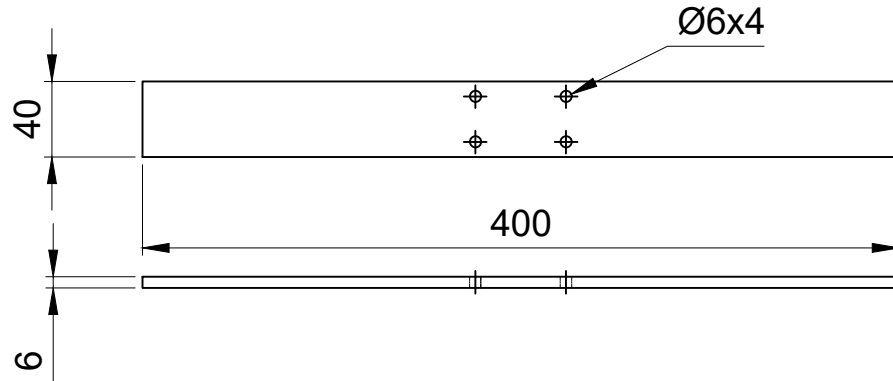
35.1

35

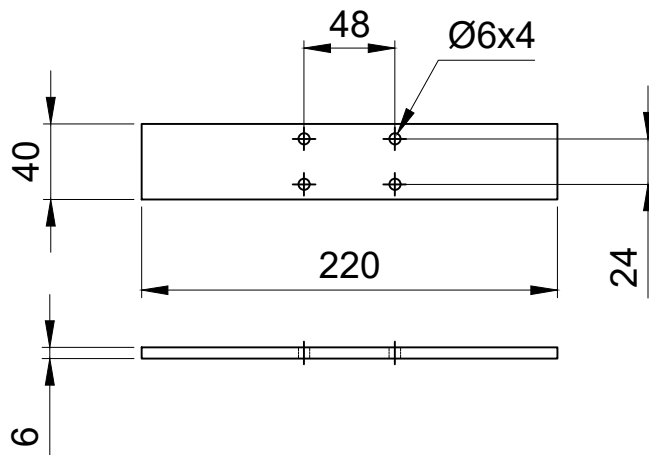


1	Unión carro transversal	35.1	Acero Dulce
1	Carro transversal	35	Acero Dulce
CANT.	DENOMINACIÓN	Marca	Material
	Escala	Dibujado por	Calificado por
Trabajo de titulación	1:4	Israel Sinchi, Juan Zambrano	Ing. Marlon Quinde
		Cortadora automática	Nivel
		Carro transversal	8
		Carrera	N° Hoja
		Ing. Mecatrónica	27
Periodo 66 Marzo-agosto 2025			

22.1

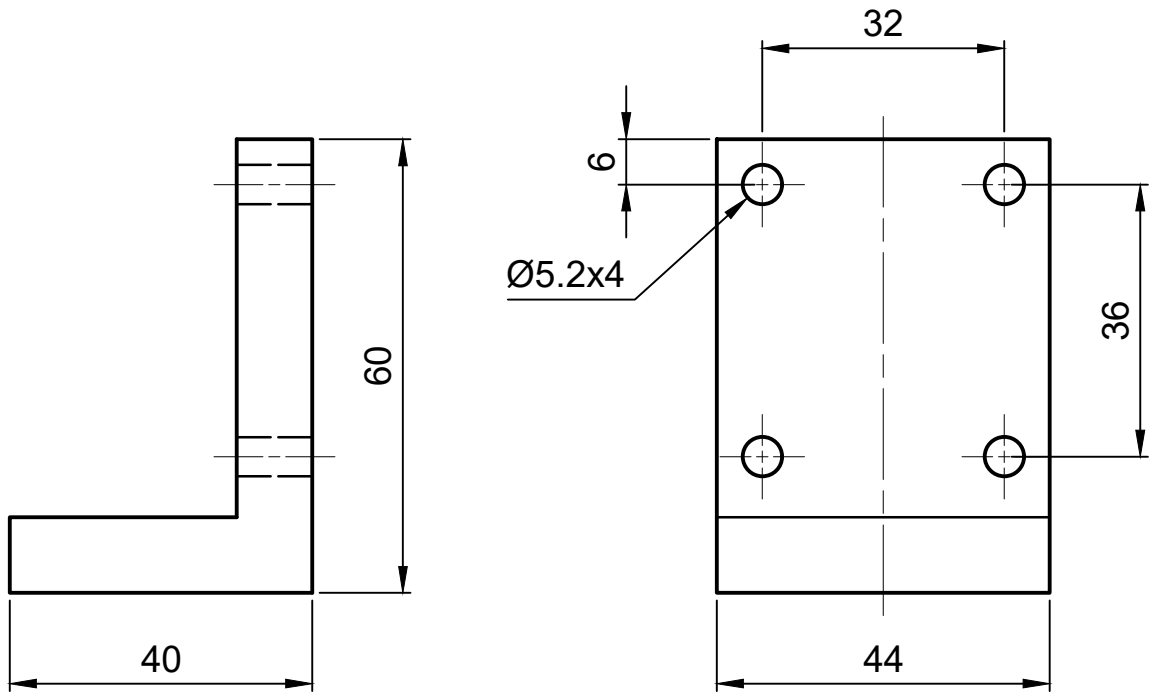


35.1



1	Plancha unión-carro transversal	35.1	Acero dulce	N/A
1	Plancha unión-carro longitudinal	22.1	Acero dulce	PINTADO
CANT.	DENOMINACIÓN	MARCA	MATERIAL	TRATAMIENTO
	Escala 1:4	Dibujado por Israel Sinchi, Juan Zambrano	Revisado por Ing. Marlon Quinde	Fecha 31/07/2025
Trabajo de titulación		CORTADORA_AUTOMÁTICA Planchas Carrera Ing. Mecatrónica		Nivel 8
				Nº Hoja 28
				Periodo 66: marzo-agosto 2025

36



1	Soporte patín carro transversal	36	Acero dulce	N/A
CANT.	DENOMINACIÓN	MARCA	MATERIAL	TRATAMIENTO
	Escala 1:1	Dibujado por Israel Sinchi, Juan Zambrano	Revisado por Ing. Marlon Quinde	Fecha 31/07/2025
Trabajo de titulación		CORTADORA_AUTOMÁTICA Rodillo lateral		Nivel 8
		Carrera Ing. Mecatrónica		N° Hoja 29
		Periodo 66: marzo-agosto 2025		