



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

**DISEÑO DE UNA MÁQUINA TRITURADORA DE CASCARA DE  
CACAO EN LA EMPRESA CHOCOTICS.**

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

AUTOR: JUAN FELIPE CARANGUI CUESTA

TUTOR: ÁNGEL EUGENIO CÁRDENAS CADME

Cuenca – Ecuador

2023-2024

# **CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, Juan Felipe Carangui Cuesta con documento de identificación N° 0150308732 manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo 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, 16 de febrero del 2024

Atentamente,

---

Juan Felipe Carangui Cuesta  
0150308732

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

Yo, Juan Felipe Carangui Cuesta con documento de identificación N° 015030873-2, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del Proyecto Técnico: "Diseño de una máquina trituradora de cascara de cacao en la empresa CHOCOTICS", 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, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 16 de febrero del 2024

Atentamente,

---

Juan Felipe Carangui Cuesta  
015030873-2

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

Yo, Angel Eugenio Cárdenas Cadme con documento de identificación N° 0301631966, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO DE UNA MÁQUINA TRITURADORA DE CASCARA DE CACAO EN LA EMPRESA CHOCOTICS, realizado por Juan Felipe Carangui Cuesta con documento de identificación N° 0150308732, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 16 de febrero del 2024

Atentamente,

---

Angel Eugenio Cárdenas Cadme  
0301631966

## Dedicatoria

Este trabajo esta dedicado a todas aquellas personas que han sido fundamentales para poder haberlo culminado.

Me gustaría empezar dedicando este trabajo de titulación a mis padres, Carlos Carangui Y María Eulalia Cuesta que me apoyaron a cada paso del camino, siempre enfocados en ayudarme a cumplir todos mis objetivos y metas de vida.

También me gustaría dedicarlo a Gabriela Veléz, como ya lo he expresado antes esto hubiera sido imposible de lograr sin su constante apoyo y cariño.

Por ultimo pero no menos importante este trabajo también va dedicado al Ing. Eugenio Cárdenas, quien además de ser mi tutor se ha portado como un verdadero amigo siempre dispuesto a ayudarme no solo en lo academico sino en lo personal.

## Agradecimientos

Agradezco en primer lugar a mis padres, gracias papa por sentarte conmigo tantas tardes con tus consejos y experiencia, gracias mami por siempre estarme apoyando gracias por tener el café listo las tardes de estudio. Gracias por su confianza en mi y gracias por siempre permitirme cumplir mis metas y sueños en la vida.

También quiero agradecer a Gabriela Veléz, no me importa repetirme cuando digo que sin ti esto jamás hubiera sido posible, gracias por todo el inmenso apoyo que me has dado para este trabajo.

Al Ingeniero Eugenio Cárdenas, muchísimas gracias por toda la paciencia, y por ir más allá de labor académica siempre con la buena disposición de ayudar tanto en los estudios como en los problemas de día a día.

Finalmente doy las gracias a Anthony y a todos mis amigos y compañeros que me han ayudado a culminar este trabajo.

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

# Índice

Certificado de responsabilidad y autoría del trabajo de titulación	I
Certificado de responsabilidad y autoría del trabajo de titulación	II
Certificado de responsabilidad y autoría del trabajo de titulación	III
Dedicatoria	IV
Agradecimientos	V
Resumen	XII
Abstract	XIII
<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
<b>2. Problema</b>	<b>1</b>
2.1. Antecedentes . . . . .	1
2.2. Descripción del problema . . . . .	2
2.3. Importancia y alcances . . . . .	2
2.4. Delimitación . . . . .	3
2.4.1. Espacial o geográfica . . . . .	3
2.4.2. Temporal . . . . .	3
2.4.3. Sectorial o institucional . . . . .	4
2.5. Problema General . . . . .	4
2.6. Problemas Específicos . . . . .	4
<b>3. Justificación</b>	<b>4</b>
<b>4. Objetivos</b>	<b>5</b>
4.1. Objetivo General . . . . .	5
4.2. Objetivos Específicos . . . . .	5
<b>5. Hipótesis</b>	<b>5</b>
5.1. Hipótesis General . . . . .	5
5.2. Hipótesis Específicas . . . . .	5



<b>6. Marco Teórico</b>	<b>6</b>
6.1. Diseño Mecatrónico . . . . .	6
6.2. Cacao . . . . .	6
6.2.1. Descripción botánica y ecológica . . . . .	6
6.2.2. Cultivo . . . . .	7
6.3. Proceso de producción de chocolate . . . . .	8
6.4. Proceso de trituración de cacao . . . . .	9
6.4.1. Tipos de trituradoras de cacao . . . . .	9
6.4.1.1. Triturador de rodillos . . . . .	10
6.4.1.2. Triturador de martillos . . . . .	10
6.4.1.3. Trituradora de impacto . . . . .	11
6.4.2. Transmisión de movimiento . . . . .	12
6.4.2.1. Sistema de engranajes . . . . .	12
6.4.2.2. Sistema de poleas . . . . .	13
6.4.2.3. Sistema de piñón y cadena . . . . .	14
<b>7. Marco metodológico</b>	<b>14</b>
7.1. Metodología de la Investigación . . . . .	14
7.2. Metodología del proceso . . . . .	15
7.2.1. Establecimiento de los parámetros iniciales para el diseño mecatrónico de una trituradora de cáscara de cacao . . . . .	15
7.2.1.1. Parámetros del cacao . . . . .	16
7.2.1.2. Selección del método de trituración . . . . .	17
7.2.1.3. Característica de la máquina trituradora de cacao . . . . .	20
7.2.2. Diseño de la máquina trituradora de cacao . . . . .	21
7.2.2.1. Diseño del sistema alimentador de cacao . . . . .	21
7.2.2.2. Cálculo de los resortes . . . . .	22
7.2.2.3. Diseño del sistema de trituración . . . . .	31
7.2.2.4. Diseño de sistema de transmisión de movimiento . . . . .	35
7.2.2.5. Selección del motor . . . . .	35
7.2.2.6. Selección de material . . . . .	38
7.2.2.7. Selección del controlador para la máquina trituradora de cacao	38
7.2.2.8. Selección del sensor de presencia de cacao . . . . .	40
7.2.3. Selección de interfaz con el usuario . . . . .	41
7.2.3.1. Programación del controlador . . . . .	41

7.2.4. Análisis de costos . . . . .	43
<b>8. Resultados</b>	<b>45</b>
8.1. Parámetros establecidos para el diseño de la máquina de trituración de cáscara de cacao para la producción industrial de chocolate . . . . .	45
8.2. Diseño de la máquina trituradora de cáscara de cacao para la producción industrial de chocolate . . . . .	45
8.3. Análisis de costos de la implementación de la máquina trituradora de cáscara de cacao para la producción industrial de chocolate . . . . .	47
<b>9. Cronograma</b>	<b>48</b>
<b>10. Presupuesto</b>	<b>50</b>
10.1. Talento humano . . . . .	50
10.2. Recursos materiales . . . . .	50
<b>11. Conclusiones</b>	<b>52</b>
<b>12. Recomendaciones</b>	<b>53</b>
<b>Referencias</b>	<b>57</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>58</b>
12.1. Anexo A . . . . .	59
12.2. Anexo B . . . . .	77
12.3. Anexo C . . . . .	79
12.4. Anexo D . . . . .	80

# Lista de Tablas

- 1. Características físicas del cacao . . . . . 16
- 2. Tabla de ponderación del sistema de trituración . . . . . 20
- 3. *Requerimientos dimensionales* . . . . . 20
- 4. Datasheet del motor (Lin Engineering, 2023). . . . . 24
- 5. Densidad de diferentes materiales . . . . . 32
- 6. Tabla de ponderación del tipo del motor . . . . . 36
- 7. Tabla de ponderación del tipo del controlador . . . . . 39
- 8. *Medidas finales de la máquina trituradora de cacao* . . . . . 47
- 9. Tabla resumen de los componentes . . . . . 48
- 10. Cronograma de actividades. . . . . 49
- 11. Recurso de talento humano . . . . . 50
- 12. Recurso de talento humano . . . . . 51
- 13. Costo Total . . . . . 51

## Lista de Figuras

1.	Ubicación de realización del proyecto . . . . .	3
2.	Semilla de cacao . . . . .	7
3.	Cultivos de cacao . . . . .	8
4.	Proceso de elaboración de chocolate . . . . .	9
5.	Trituradora de rodillos . . . . .	10
6.	Trituradora de martillos . . . . .	11
7.	Trituradora de impacto . . . . .	12
8.	<i>Sistema de engranajes</i> . . . . .	13
9.	<i>Sistema de poleas</i> . . . . .	13
10.	<i>Sistema de piñón y cadena</i> . . . . .	14
11.	Metodología de la Investigación . . . . .	15
12.	<i>Semilla de cacao</i> . . . . .	17
13.	<i>Molino de rodillos</i> . . . . .	18
14.	<i>Molino de martillos</i> . . . . .	19
15.	<i>Molino de discos</i> . . . . .	19
16.	<i>Tolva y zaranda</i> . . . . .	21
17.	<i>Elemento des-balanceado</i> . . . . .	25
18.	<i>Desplazamiento del centro de masa</i> . . . . .	27
19.	Deformación del resorte posterior. . . . .	30
20.	Deformación del resorte delantero. . . . .	31
21.	<i>Rodillos</i> . . . . .	33
22.	<i>Subsistema de ajuste de tamaño de la partícula</i> . . . . .	35
23.	Motor del molino de rodillos . . . . .	37
24.	Motor del vibrador . . . . .	37
25.	<i>Conexiones ESP8266</i> . . . . .	39
26.	Esquema de conexiones eléctricas . . . . .	40
27.	Sensor capacitivo de la marca SICK . . . . .	41
28.	<i>Diagrama de flujo del código a implementar</i> . . . . .	42
29.	Plantilla de costos unitarios . . . . .	43
30.	Costos totales de la máquina trituradora de cacao . . . . .	44
31.	Diseño final de la máquina trituradora de cacao . . . . .	46

## Resumen

**E**ste trabajo de titulación se centra en el diseño y desarrollo de una máquina trituradora de cáscara de cacao, adaptada específicamente para las necesidades y el presupuesto de las pequeñas y medianas empresas de la industria ecuatoriana.

Se han considerado criterios clave como dimensiones, capacidad de procesamiento por hora y sistemas de trituración y transmisión de movimiento. También, se ha integrado un sistema de seguridad para el usuario y una función de regulación del tamaño del triturado para mejorar la versatilidad del equipo, todo el proyecto se construyó en acero inoxidable de grado alimenticio para cumplir los requerimientos de las normas ISO 22000 referentes al procesamiento de alimentos. Se ha optado por la implementación de motores de corriente continua controlados por un microprocesador ESP8266 para garantizar una eficiencia óptima en la operación, mientras se ha prestado especial atención a la accesibilidad económica de la tecnología propuesta para el contexto industrial ecuatoriano.

Los resultados obtenidos demuestran la factibilidad técnica y económica de la máquina trituradora, destacando su potencial para fortalecer la cadena de valor del cacao en la industria local, así como su contribución al desarrollo sostenible y la innovación tecnológica en Ecuador. Este trabajo representa un avance significativo en el sector cacaotero, ofreciendo una solución práctica y rentable para el procesamiento del cacao en el contexto industrial ecuatoriano.

**Palabras clave:** Máquina trituradora, Cáscara de cacao, Industria ecuatoriana, Regulación del tamaño del triturado, Eficiencia económica, Procesamiento de Alimentos.

## Abstract

**T**his degree work proposes design and development of a cocoa shell crushing machine, specifically adapted to the needs and budget of small and medium-sized companies in the Ecuadorian industry. Key criteria such as dimensions, processing capacity per hour and a crushing system as well as a motion transmission system have been considered, also, a user safety system and a crushing size regulation function have been integrated to improve the versatility of the equipment.

The project was built in stainless steel metal so it complies with ISO 22000 normatives referred to food procesing. The implementation of direct current motors controlled by an ESP8266 microprocessor has been chosen to guarantee optimal efficiency in operation, while special attention has been paid to the economic accessibility of the proposed technology for the Ecuadorian industrial context. The results obtained demonstrate the technical and economic feasibility of the crushing machine, highlighting its potential to strengthen the cocoa value chain in the local industry, as well as its contribution to sustainable development and technological innovation in Ecuador.

This work represents a significant advance in the sector, offering a practical and profitable solution for the processing of cocoa in the Ecuadorian industrial context.

**Keywords:** Crushing machine, Cocoa shell, Ecuadorian industry, Regulation of crushing size, Economic efficiency.

# 1. Introducción

**E**n el contexto del Ecuador, la producción de chocolate y procesamiento del grano de cacao representa un gran crecimiento y reconocimiento dentro del territorio nacional e internacional. Dentro de este contexto no es de sorprenderse que la pequeña y mediana empresa desee formar parte de este sector económico. En búsqueda de mejorar la calidad y costos de producción nacen ideas innovadoras dentro de sector cacaotero. Dentro de este ámbito, el triturado del grano tostado resulta fundamental en el procesamiento del cacao. La calidad de este paso tendrá un impacto directo a la calidad del producto final (Samaniego, 2019, p. 5).

El presente proyecto se enfoca en el diseño y desarrollo de una máquina trituradora de cáscara de cacao adaptada a las necesidades y capacidades económicas de las pequeñas y medianas empresas de la industria ecuatoriana. Este proyecto no solo busca ofrecer una solución práctica y rentable para el procesamiento del cacao, sino también contribuir al fortalecimiento de la cadena de valor del cacao en Ecuador, promoviendo la automatización en la industria y el desarrollo sostenible en el sector.

El desarrollo de la máquina trituradora de cacao se llevara a cabo dentro de la empresa Chocotics quienes han expuesto sus necesidades tanto físicas como presupuestales. Teniendo en cuenta los requerimientos impuestos por la empresa la máquina se encarga de cumplir un flujo de producción y mantener un estandar tanto de seguridad alimentaria como seguridad para el operario.

## 2. Problema

En esta sección se explorara el mercado actual de máquinas trituradoras de cáscara de cacao y se expondrá por que en la mayoría de los casos estas no son una opción para la industria existente en el país.

### 2.1. Antecedentes

En el Ecuador existen varias fábricas que se consagran a la industria del cacao, como pueden ser Cocotown®, Pacari®, etc., las mismas que han tenido un importante progreso; la mayoría de estas empresas se dedican a la producción del chocolate, incluso algunas han

logrado establecerse en el mercado internacional obteniendo una gran acogida y excelentes resultados. Sin embargo, la competencia a nivel nacional e internacional es un gran reto que enfrentan las fábricas ecuatorianas; lo cual obliga a buscar distintas formas para mejorar la calidad del producto y reducir los costos en la producción. Es por ello, que las empresas, y sobre todo los pequeños productores dedicados a la comercialización del cacao cada día buscan innovarse y contar con maquinaria que les permita ser competitivos en el mercado nacional e internacional (Samaniego, 2019, p. 7).

## **2.2. Descripción del problema**

Las empresas en la actualidad utilizan varias máquinas para poder obtener el producto del cacao, uno de los más importante siendo, la trituradora de cacao, sin embargo, debido al elevado precio que estas máquinas pueden llegar a alcanzar el costo de producción aumenta consecuentemente, lo que implica mayor gasto de inversión tanto a la empresa, como al consumidor (CocoaTown, 2019).

## **2.3. Importancia y alcances**

En la actualidad por la globalización industrial, competitividad y apertura al libre mercado, las fábricas que se dedican a la industria del cacao, se ven obligadas a obtener resultados a corto plazo, y bajos costos utilizando material de buena calidad. Es por ello, que la producción debe ser eficiente y sostenible, por lo tanto, implica que deben conseguir maquinaria que les permitan incrementar los niveles de producción y productividad; y de esta manera ser más competitivos ofreciendo productos de calidad (Loayza y Zabala, 2018).

Este proyecto plantea la elaboración de un diseño de una máquina que permita triturar la cáscara de las nibs de cacao. La importancia de este proyecto va en función a la necesidad que tiene la fábrica por brindar un producto de calidad, el cual implique, el incremento de la producción y, a su vez sea de bajo costo, aumentando así, la competitividad en el mercado nacional e internacional (Torres y Quevedo, 2019).

Tomando en cuenta la parte económica es importante la elaboración de este tipo de máquinas en el Ecuador, puesto que, la compra de estas máquinas en el extranjero resulta costoso y por ende el tiempo de recuperación del capital es alto. Además, estas máquinas beneficiaran a la empresa en la cual, se esta realizando el proyecto; este diseño, también



puede ser utilizado en otras industrias cocoateras, que no sean exclusivamente dedicadas a la fabricación de chocolate (Toapanta y Rosero, 2008).

## 2.4. Delimitación

El problema de estudio se verá delimitado en las siguientes extensiones.

### 2.4.1. Espacial o geográfica

Este proyecto se realizará en la provincia del Azuay, cantón Cuenca, parroquia Ricaurte.

#### Figura 1

*Ubicación de realización del proyecto*



**Nota:** Se puede observar la ubicación de realización del proyecto (Google, 2022).

### 2.4.2. Temporal

El presente proyecto se realizará en el periodo académico Octubre 2023 - Febrero 2024, dentro de las 240 horas de la asignatura de “Integración curricular”.

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

El diseño de una maquinaria trituradora de cáscara de cacao, se utilizará en la empresa ChocoTICS, la misma que servirá para disminuir costos dentro del área de producción.

## **2.5. Problema General**

- ¿Qué diseño es idóneo para una máquina trituradora de cáscara de cacao de bajo costo para la producción industrial de chocolate?

## **2.6. Problemas Específicos**

- ¿Es posible establecer los parámetros iniciales para el diseño de una máquina trituradora de cáscara de cacao para la producción industrial de chocolate?
- ¿Es factible diseñar una máquina trituradora de cáscara de cacao para la producción industrial de chocolate?
- ¿Se podrá realizar un análisis de costos para la implementación integral de la máquina trituradora de cáscara de cacao para la producción industrial de chocolate?

## **3. Justificación**

A lo largo de la historia, la industria cacaotera en nuestro país ha adquirido un reconocimiento a nivel internacional por la calidad de sus productos. No obstante, en contraposición a este éxito, la industria ingenieril no ha experimentado avances significativos y se ha visto en la necesidad de importar maquinaria costosa para llevar a cabo sus procesos productivos.

Esta situación ha dado lugar a un aumento en el costo de los productos finales y ha generado la necesidad de desarrollar maquinaria localmente para reducir los costos de adquisición. Es importante tener en cuenta que cualquier maquinaria desarrollada debe ser diseñada de acuerdo con las necesidades específicas de la industria cacaotera local. (Samaniego, 2019)

El desarrollo de este trabajo se enmarca dentro de la línea de investigación de Tecnologías de la Automatización.

## **4. Objetivos**

### **4.1. Objetivo General**

- Diseñar una máquina trituradora de cáscara de cacao de bajo costo para la producción industrial de chocolate.

### **4.2. Objetivos Específicos**

- Establecer los parámetros iniciales para el diseño de una máquina de trituración de cáscara de cacao para la producción industrial de chocolate.
- Diseñar una máquina trituradora de cáscara de cacao para la producción industrial de chocolate.
- Realizar un análisis de costos para la implementación integral de la máquina trituradora de cáscara de cacao para la producción industrial de chocolate.

## **5. Hipótesis**

### **5.1. Hipótesis General**

- El diseño de una máquina trituradora de cáscara de cacao, para una producción industrial de chocolate es de bajo costo.

### **5.2. Hipótesis Específicas**

- Se establecerán los parámetros iniciales para el diseño de una máquina de trituración de cascará de cacao para la producción industrial de chocolate.
- Se diseñará una máquina trituradora de cascará de cacao para la producción industrial de chocolate.
- Se realizará un análisis de costos para la implementación integral de la máquina trituradora de cascará de cacao para la producción industrial de chocolate.

## **6. Marco Teórico**

A continuación se expondrá el marco teórico referente al cacao y los parámetros necesarios para procesarlo

### **6.1. Diseño Mecatrónico**

El diseño de mecatrónica es un enfoque de ingeniería integral para diseñar equipos y maquinaria electromecánicos. Normalmente, los equipos se diseñan como una serie de sistemas separados, como sistemas mecánicos, eléctricos, electrónicos e informáticos. A menudo, estos sistemas están hechos de componentes genéricos que son adecuados para cualquier tipo similar de máquina o incluso tipos diferentes (Bolton, 2017).

### **6.2. Cacao**

En la siguiente sub-sección se explorará el cacao desde su cultivo hasta ser procesado en chocolate

#### **6.2.1. Descripción botánica y ecológica**

El cacao (*Theobroma cacao*) es nativo de los bosques tropicales de América del Sur, particularmente del área compartida por la Amazonia de Ecuador, Colombia y Perú; El cultivo tradicional del cacao se desarrolla en sistemas agroforestales donde, además de la biodiversidad, también son importantes las especies de insectos (Ríos, 2015).

## Figura 2

*Semilla de cacao*



**Nota:** Se puede observar el tamaño de una semilla de cacao antes de ser procesada (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2019).

Las especies del género cacao son árboles ramificados con hojas separadas y frutos carnosos e indehiscentes. Todo el cacao cultivado para el mercado mundial proviene de la forma de la especie *Theobroma cacao* L. Otras especies de cacao se cultivan y utilizan solo localmente.

### 6.2.2. Cultivo

El cacao se puede cultivar en diferentes tipos de suelo. Generalmente requiere un suelo profundo, ligero y rico en nutrientes. El perfil del suelo debe alcanzar una profundidad de 1 a 1,5 metros, para formar una buena raíz pivotante y un sistema radicular integrado; además, se puede cultivar como monocultivo o en plantaciones forestales y cultivos frutales. Tradicionalmente, los árboles de cacao han crecido a la sombra de bosques raros o remanentes de bosques, preservando más o menos la estructura natural del bosque (Moroto y cols., 2017).

### Figura 3

*Cultivos de cacao*



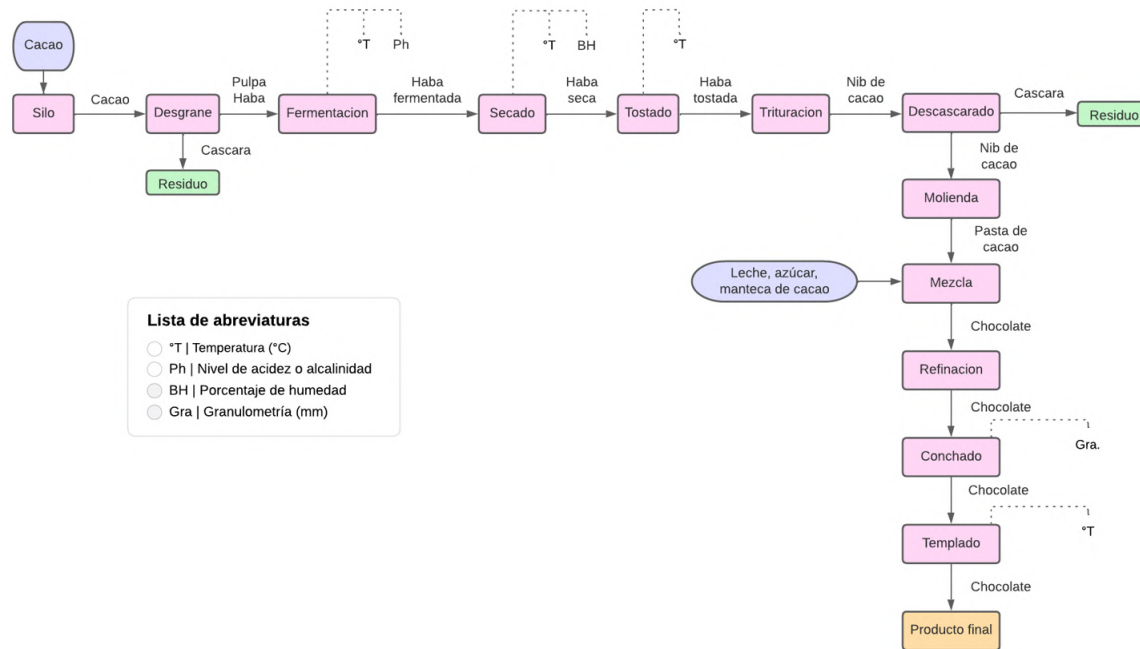
**Nota:** Se observa un cultivo de cacao ecuatoriano (Líderes, 2014).

### 6.3. Proceso de producción de chocolate

Para producir chocolate, es necesario contar con cacao o una combinación de cacao en polvo, manteca de cacao y azúcar. Posteriormente, se pueden añadir otros ingredientes según el tipo de chocolate que se desee, como leche, almendras, avellanas, frutas, entre otros. El proceso de elaboración del chocolate implica una serie de pasos que incluyen el tostado, triturado, descascarado, molido, mezclado, conchado, templado, moldeado y envasado. En caso de querer separar la manteca de cacao para obtener cacao en polvo desgrasado, es necesario realizar un paso adicional de alcalinización. (Oliveras, 2007)

**Figura 4**

*Proceso de elaboración de chocolate*



**Nota:** Se pueden apreciar los pasos de la producción de chocolate con un diagrama de flujo.

## 6.4. Proceso de trituración de cacao

Tras el proceso de enfriamiento de los granos de cacao, cuyas cáscaras se han agrietado debido a la torrefacción, se transfieren a una máquina para triturar y limpiar. En este punto, los granos de cacao son triturados y luego se procede a separar los trozos de almendra del grano, junto con la piel y otras partes que no son requeridas para el proceso. (Suarez y Villegas, 2019)

### 6.4.1. Tipos de trituradoras de cacao

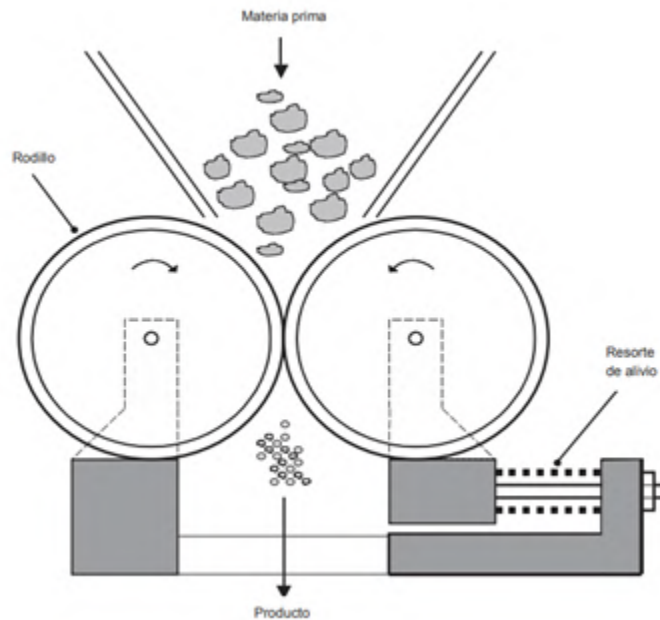
A continuación se presentan los tipos de sistema triturador considerados para el proyecto

#### 6.4.1.1. Triturador de rodillos

En esta máquina, 2 o más rodillos de acero resistentes giran uno contra el otro. Las partículas de materia prima están sujetas a fuerzas de compresión que las aplastan. En algunas máquinas, los rodillos giran a diferentes velocidades, lo que también crea fuerzas de cizallamiento. Se utilizan para triturar productos frágiles como las semillas. (Rueda y Sanchez, 2015)

**Figura 5**

*Trituradora de rodillos*



**Nota:** Diagrama ejemplo de una trituradora de rodillos (Rueda y Sanchez, 2015)

#### 6.4.1.2. Triturador de martillos

Su funcionamiento es similar a un molino de martillos, excepto que gira a menor velocidad y las cabezas de los martillos están colocadas de manera diferente. (Gémina., 2023olive)



## Figura 6

### *Trituradora de martillos*



**Nota:** Ejemplo de trituradora de martillos existente en el mercado actual. (Gémina., 2023olive)

#### **6.4.1.3. Trituradora de impacto**

La máquina requiere particiones, donde la materia prima es golpeada varias veces por una serie de martillos o barriles, haciendo que esta se deforme y agriete. Se utiliza para triturar semillas de productos como: cacao, café, judías verdes, etc. (Unique, 2012).

## Figura 7

*Trituradora de impacto*



**Nota:** Ejemplo de trituradora de impacto en el mercado actual. (Unique, 2012).

### 6.4.2. Transmisión de movimiento

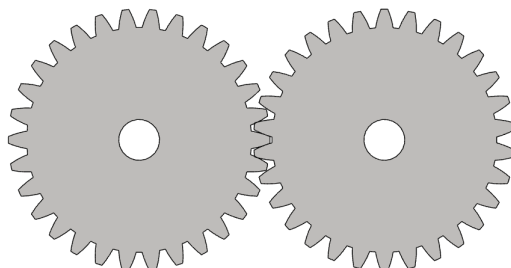
A continuación se presentan los posibles métodos de transmisión de movimiento para la rotación de los rodillos.

#### 6.4.2.1. Sistema de engranajes

Los engranajes se presentan como una alternativa viable ante la necesidad de inversión de giro ya que su funcionamiento mecánico garantiza esta necesidad. Sin embargo el sistema de engranajes también plantean un problema ante la condición de separación de los rodillos ya que al separarse un engranaje de otro creamos juego mecánico que no solo perdemos capacidad de transmisión sino que con el paso del tiempo desgasta y hasta rompe los engranajes.

## Figura 8

*Sistema de engranajes*



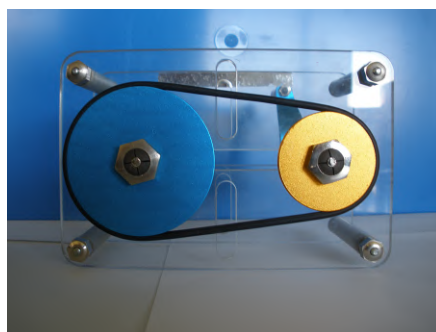
**Nota:** Engranajes con relación de transmisión de 1 a 1.

### 6.4.2.2. Sistema de poleas

Dada su elasticidad el sistema de poleas nos permite la fácil implementación del sistema de ajuste de tamaño de la partícula. Este sistema sin embargo, se descarta al no poseer un método para invertir la dirección del giro de uno de los rodillos.

## Figura 9

*Sistema de poleas*



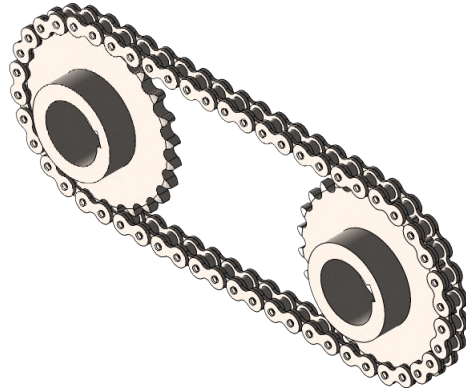
**Nota:** Poleas con relación de transmisión de 1 a 1,5. (Xunta de Galicia, 2019)

### 6.4.2.3. Sistema de piñón y cadena

El sistema de piñón y cadena nos permite la inversión de giro de uno de los rodillos, además al implementar un tensor permite también el ajuste de distancia entre rodillos sin perder transmisión. por ultimo este sistema es económico y de fácil implementación.

#### Figura 10

*Sistema de piñón y cadena*



**Nota:** Piñones con relación de transmisión de 1 a 1. (Comeercial Pacific, 2021).

## 7. Marco metodológico

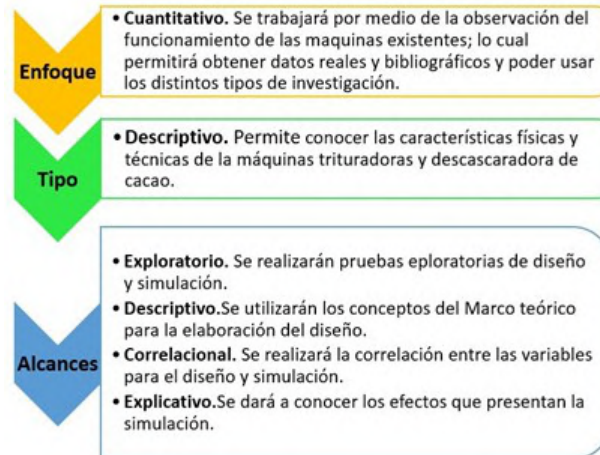
A continuación se presentara la metodología utilizada para el desarrollo de este trabajo de titulación.

### 7.1. Metodología de la Investigación

La metodología de la investigación se puede observar en la figura 11. La presente investigación tiene un enfoque cuantitativo, puesto que, se trabajará con datos cuantificables del proceso de trituración de cacao. Además, la investigación es de tipo descriptiva en la cual se expone características del funcionamiento de las máquinas trituradora de cacao, cuyos alcances son: exploratorio, descriptivo, correlacional y explicativo.

**Figura 11**

*Metodología de la Investigación*



**Nota:** Se observa la metodología a utilizar, durante el proyecto de titulación.

Como describe la figura 11 se realizó una investigación basada en el enfoque cuantitativo y descriptivo del mercado previamente existente para poder llegar a una comprensión de lo que ya existe y de la posible invocación que podemos aportar a la industria. Los valores cuantitativos a ser analizados son, la humedad en el grano de cacao, las dimensiones del grano de cacao, y el peso por cada 100 gramos de cacao.

## **7.2. Metodología del proceso**

A continuación se presentará la metodología seguida para el desarrollo del trabajo de titulación, se revisarán los parámetros, cálculos y ponderaciones utilizadas para obtener el diseño de la máquina trituradora de cáscara de cacao.

### **7.2.1. Establecimiento de los parámetros iniciales para el diseño mecatrónico de una trituradora de cáscara de cacao**

En respuesta a las necesidades específicas de la empresa ChocoTICS en su proceso de producción de chocolate, se han identificado que los parámetros necesarios para la máquina trituradora de cacao son: una producción de 100 kg por hora de grano de cacao tostado.

Después del triturado se obtienen nibs y cáscara de cacao ; los nibs deben tener una dimensión mínima de 2,5mm y máxima de 10mm.

#### 7.2.1.1. Parámetros del cacao

Para el triturado de las semillas de cacao se consideran algunas de las características físicas de estas, las más relevantes se ven resumidas en la Tabla 1.

**Tabla 1**

*Características físicas del cacao*

<b>Característica</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
Largo	20-26	mm
Ancho	10-14	mm
Espesor	6-10	mm
Peso por 100 granos tostados	144	g (gramos)
Porcentaje de humedad en granos tostados enteros	2,0125	% (porcentaje)

**Nota:** *En la tabla se puede observar todas las características físicas que se tomaran en cuenta para la parametrización del cacao*

Dentro de las consideraciones que se deben tener para los parámetros del grano de cacao, existe la de la variedad del cacao. Dependiendo de la especie y origen del cacao se puede esperar que las características físicas del grano cambien, como se puede evidenciar en el estudio de Alegría las semillas de cacao con origen de Santo Domingo fueron 6,3% más largas y 2,3% más anchas que las semillas con origen de Lago Agrio (Alegría, 2015).

## Figura 12

*Semilla de cacao*



**Nota:** Semilla de cacao en su planta (La Redaccion, 2013)

### 7.2.1.2. Selección del método de trituración

En esta sección se explorará los diferentes tipos de trituradores de donde se obtuvo una tabla ponderada de los diseños propuestos para seleccionar la opción mejor ponderada; los tipos de molinos que se analizarán serán los de rodillos, martillos, discos.

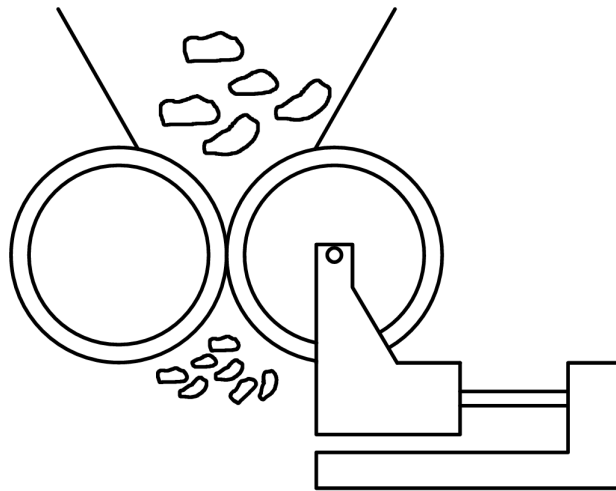
Los parámetros de ponderación a considerar serán: homogeneidad de la partícula, grado de contaminación, facilidad de mantenimiento y costo. El parámetro de homogeneidad de la partícula hace referencia a que los nibs que se obtienen después del triturado tengan un tamaño uniforme, esto con la finalidad de facilitar los procesos subsecuentes de la producción del chocolate. En lo referente al grado de contaminación, se refiere al desprendimiento de material de la máquina durante el proceso de triturado. La facilidad de mantenimiento hace referencia a las características del diseño y material de la máquina. El costo hace referencia a los diferentes elementos de la máquina, así como sus procesos de manufactura y material.

La propuesta que se puede observar en la figura 13, de diseño de molino de rodillos permite el movimiento lineal de uno de los rodillos para asegurar la integridad del operador en el caso de introducir una extremidad; igual que la integridad de la máquina frente al daño de un cuerpo ajeno al proceso; por otro lado, el funcionamiento del rodillo disminuye el

desprendimiento del material a los nibs.

### Figura 13

*Molino de rodillos*



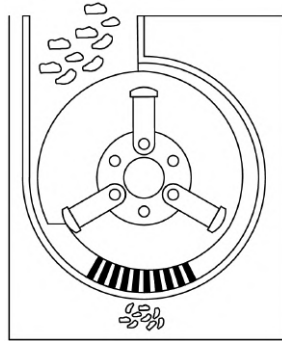
**Nota:** Propuesta de diseño de molino de rodillos

La opción del molino de martillos, como se puede apreciar en la figura 14, consiste en realizar un molino que cuenta con un tambor que sostiene los granos de cacao y dentro de este tambor giran martillos que presionan a los granos contra las paredes del tambor para convertirlos en nibs; el tambor tiene una rejilla en la parte inferior del tambor por donde cae los nibs. Por la geometría del tambor no existirían riesgos al operador, pero en el caso de que algún cuerpo ajeno ingrese en el tambor, serían los martillos los que recibirán el golpe.



### Figura 14

*Molino de martillos*

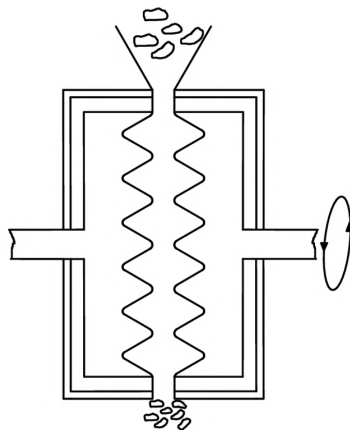


**Nota:** Propuesta de diseño de molino de martillos

Para la propuesta de diseño de molino de discos, se plantea un disco giratorio como se puede ver en la figura 15. Al igual que en el molino de rodillos se puede agregar el movimiento lineal de uno de los discos para no comprometer la seguridad del operador ni de la máquina; esto debido a que se obtienen los nibs mediante fricción existe desprendimiento del material hacia los nibs.

### Figura 15

*Molino de discos*



**Nota:** Propuesta de diseño de molino de discos

A continuación, se presenta la tabla 2 donde se realiza la valoración ponderada del tipo de molino; cada parámetro tiene un valor asignado en porcentaje sobre 100 (##/100%).

**Tabla 2**

*Tabla de ponderación del sistema de trituración*

	<b>Homogeneidad de Partícula</b>	<b>Grado de Contaminación</b>	<b>Mantenimiento</b>	<b>Costo</b>	<b>Total</b>
Factor de ponderación	20%	35%	25%	20%	100%
<b>Molino de rodillos</b>	4,5 (20%)	5 (35%)	3,5 (17,5%)	4,5 (18)	88,5%
<b>Molino de martillos</b>	2 (8%)	2 (14%)	3.5 (17,5%)	4 (16%)	55,5%
<b>Molino de discos</b>	4 (16%)	3 (21%)	4 (20%)	4 (16%)	73%

**Nota:** De acuerdo con la tabla 2, la opción de molino de rodillos puntúa sobre las otras dos opciones, con 15,5% superior al molino de discos y 33% al molino de martillos, siendo este el diseño más viable.

### 7.2.1.3. Característica de la máquina trituradora de cacao

De parte de la empresa ChocoTICS existe una solicitud de métricas para el desarrollo de la máquina triturado de cacao que se encuentran resumidas en la tabla 3.

**Tabla 3**

*Requerimientos dimensionales*

<b>Característica</b>	<b>Valores</b>	<b>Unidad</b>
Alto (sin tolva)	950	mm
Largo	600	mm
Ancho	300	mm
Capacidad de la tolva	1	litros
Producción	100	kg/h
Material	Apto para el pocesamiento de alimentos	
Tamaño del nib	2,5 - 10	mm

**Nota:** Esta lista de parámetros son una guía para el diseño de la máquina y durante el proceso de diseño se pretende acercarse lo más posible a estos.

## 7.2.2. Diseño de la máquina trituradora de cacao

Para el diseño de la máquina trituradora de cáscara de cacao se dividió el proyecto en cuatro partes fundamentales, el sistema de trituración, el sistema alimentador de cacao, el sistema de transmisión de movimiento y la estructura de soporte.

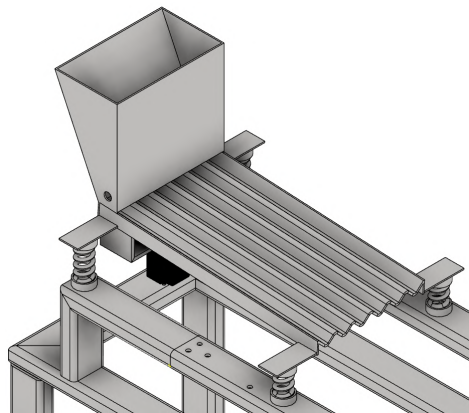
### 7.2.2.1. Diseño del sistema alimentador de cacao

El sistema alimentador de cacao consta de 4 partes para su correcto funcionamiento, estas partes son: tolva, zaranda, sostén de motor y resortes.

Para el diseño de la tolva se observó la tendencia del mercado en cuanto a la forma y capacidad volumétrica de esta, tomadas estas consideraciones y la geometría de la máquina trituradora se acoplo la tolva a una zaranda vibratoria que distribuye los granos de cacao al momento de ingresar al molino; además, cuenta con un sensor capacitivo en la parte inferior de la tolva para detectar la presencia del cacao. Esto se puede observar en la figura 16.

### Figura 16

*Tolva y zaranda*



**Nota:** Se puede apreciar la estructura del alimentador apoyada sobre los resortes para mitigar las vibraciones en la estructura principal

Para asegurar que no ocurran estancamientos en ninguna parte del proceso de distribución se el sistema alimentador cuenta con un desnivel de 3 grados; el cual optimiza la velocidad de caída del grano manteniendo la estética de la trituradora. Además, se acoplo un motor

vibrador en la parte inferior del conjunto alimentador de manera que este asegure siempre un flujo constante de cacao.

El sistema alimentador se asentará sobre 4 resortes, correspondientes a los puntos de apoyo del conjunto, que garantizaran la absorción de vibraciones impidiendo que estas se propaguen al resto de los sistemas de la máquina trituradora.

#### 7.2.2.2. Cálculo de los resortes

Para determinar la fuerza necesaria que debe soportar el resorte es necesario, primero saber cuál es el peso que estará soportando en una posición de equilibrio, para esto se tomarán los volúmenes de los cuerpos asentados sobre los resortes y se determinara su peso total según la ecuación 1.

$$Vt = 151490,99mm^3$$

$$Vt = 151,49cm^3$$

$$Vz = 302091,92mm^3$$

$$Vz = 302,091cm^3$$

$$Vs = 59361,67mm^3$$

$$Vs = 59,361cm^3$$

$$Vb = 7127,84mm^3$$

$$Vb = 7,127cm^3$$

$$VT = Vt + Vz + Vs + Vb \quad (1)$$

$$VT = 520,072cm^3$$

Donde :

Vt = volumen tolva

Vz = volumen zaranda

Vs = volumen sostén del motor

Vb = volumen vibrador

VT = volumen total

Mediante la siguiente fórmula podemos obtener la constante k necesaria para que los resortes aíslen las vibraciones entre el conjunto alimentador y el resto de la máquina trituradora.

$$k = \frac{PmM\omega f^2}{Pm + mr\omega f^2} \quad (2)$$

$$k = \frac{Pm \cdot M \cdot Rpm^2}{Pm + m \cdot r \cdot Rpm^2}$$

Donde:

k = constante del resorte

Pm = Amplitud de la fuerza fluctuante (N)

M = masa del conjunto no rotatorio (kg)

Rpm = Velocidad de rotación del motor (r.p.m.)

m = masa del elemento rotatorio (kg)

r = medida de des-balance entre el centro rotatorio y el centro de masas (m)

Para la amplitud de fuerza fluctuante se seleccionará una fuerza de 2 N ya que se desea reducirla para que esta no afecte a los otros sistemas. La masa tanto del conjunto rotatorio como del no rotatorio fueron calculadas en el punto anterior y para la velocidad de rotación del motor se utilizará la especificada por el fabricante, que se puede observar en la tabla 4. La medida de desbalance es de 8,33 milímetros según la geometría desarrollada para el vibrador, como se puede apreciar en la figura 17.

**Tabla 4**

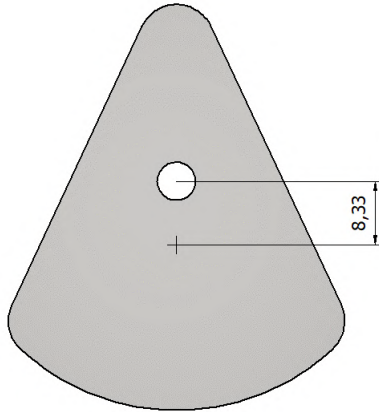
*Datasheet del motor (Lin Engineering, 2023).*

Fases	3
Tamaño del marco	42mm
Tamaño NEMA	NEMA 17
Largo del cuerpo	101mm
Voltaje	24 VCD
Potencia de salida	90 W
Velocidad	4000 RPM
Velocidad máxima	5000 RPM
Torque	0,215 Nm
Corriente	4,92 A
Torque máximo	0,43 Nm
Resistencia	0,4 ohm
Inductancia terminal	0,37mH
Constante de torque	0,44Nm/A
Inercia del rotor	144g*cm3
Peso	0,83 kg
Constante eléctrica de tiempo	0,9 ms
Constante mecánica de tiempo	3,2 ms

**Nota:** *Se puede observar que el motor puede llegar a las 5000 r.p.m., sin embargo, se utilizara la velocidad sugerida de 4000 r.p.m. para asegurar la vida útil del motor*

## Figura 17

*Elemento des-balanceado*



**Nota:** Geometría del elemento des-balanceado, se puede apreciar que el elemento presenta un desbalance de 8,33 mm entre su centro de masas y su centro de rotación.

A continuación, se reemplazan los valores ya definidos en la ecuación 2 para hallar el k del resorte.

$$k = \frac{2N \cdot 4,117kg \cdot 4000rpm^2}{2N + 0,057kg \cdot 0,0083m \cdot 4000^2}$$

$$k = 17337,109$$

Es necesario recordar que es sistema consta de 4 resortes a diferentes distancias del eje del motor, por lo cual estos se dividirán las cargas de manera no equitativa.

Dado que la sección de la tolva el lugar con mayores probabilidades de presentar estancamientos los resortes que están directamente debajo de esta presentaran un valor de k proporcionalmente menor a los resortes de la parte delantera del sistema la relación planteada

es del 60% del valor total de la constante k en la parte frontal y un 40% en la parte posterior. Con esta consideración se realiza el siguiente cálculo:

Para obtener el k de los resorte posteriores( $R_p$ ) :

$$R_p = k \cdot 0,4$$

$$R_p = 17337,109 \cdot 0,4$$

$$R_p = 693,844$$

Este valor de k, se divide para la cantidad de resortes posteriores, resolviéndolo queda de la siguiente manera:

$$R_p = \frac{693,844}{2}$$

$$R_p = 3467,422$$

Se repite el proceso para los resortes delanteros( $R_d$ ):

$$R_d = k \cdot 0,6$$

$$R_d = 17337,109 \cdot 0,6$$

$$R_d = 10402,265$$

Y para hallar el k individual de los resortes delanteros:

$$R_d = \frac{10402,265}{2}$$

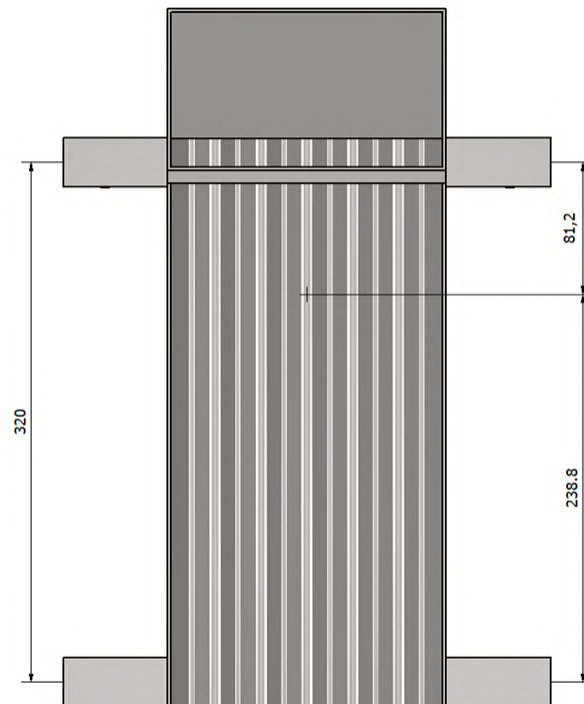
$$R_d = 5201,132$$



Finalmente se calculará la carga que cada resorte soporta para poder obtener su deformación, se debe recordar que cada resorte soporta una diferente carga dado que el centro de masas dado que el conjunto no se encuentra en el punto centro de los resortes. En la figura 18, se observa el desplazamiento del centro de masa.

**Figura 18**

*Desplazamiento del centro de masa*



**Nota:** Centro de masas del conjunto alimentador, se puede observar que el centro de masas del conjunto se encuentra a 238,8 mm de su parte frontal y a solo 81,2 mm de la posterior.

Para hallar el peso que soportan los resortes se suman todas las masas de los componentes del alimentador.

$$Mm = 0,83kg$$

$$Ma = 4,175kg$$

$$MT = 5,005kg$$

$$PT = MT \cdot g \quad (3)$$

$$PT = 5,005kg \cdot 9,81m/s^2$$

$$PT = 49,095N$$

Donde:

Mm = masa del motor (obtenido de la datasheet del motor)

Ma = masa del alimentador

MT = masa total

PT = peso total

Considerando el desplazamiento del centro de masa se calcula el porcentaje del peso que cae sobre cada sección de resortes, se calcula de la siguiente forma:

Para los resortes posteriores:

$$P_{cp} = \frac{Lp1}{L} \cdot 100\% \quad (4)$$

$$P_{cp} = \frac{238,8mm}{320mm} \cdot 100\%$$

$$P_{cp} = 75,625\%$$

Para los resortes delanteros:

$$P_{cd} = \frac{Lp2}{L} \cdot 100\%$$

$$P_{cd} = \frac{81,2mm}{320mm} \cdot 100\%$$

$$Pcd = 25,375\%$$

Donde:

Pcp = porcentaje de carga que soportan los resortes posteriores

Pcd = porcentaje de carga que soportan los resortes delanteros

L = largo del alimentador

Lp1 = largo parcial 1

Lp2 = largo parcial 2

A continuación obtendremos los desplazamientos de cada resorte:

$$F = k \cdot x \tag{5}$$

$$x = \frac{F}{k}$$

Para los resortes traseros:

$$x = \frac{37,312N}{6934,844}$$

$$x = 0,0054m$$

Para los resortes delanteros:

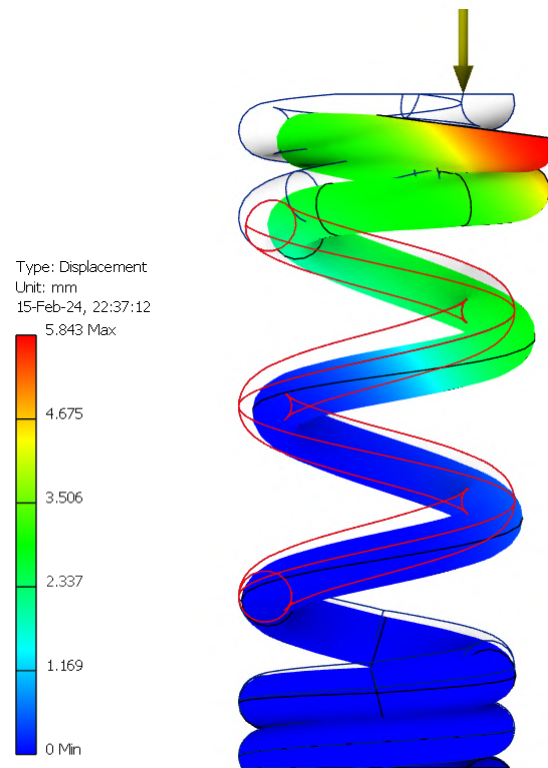
$$x = \frac{12,688N}{10402,265}$$

$$x = 0,001m$$

Los cálculos nos demuestran que la deformación en los resortes de la parte posterior llega hasta los 5 mm mientras que en la parte delantera solo presentan una deformación de 1 mm lo que cumple con nuestro objetivo de una mayor amplitud de vibración en la parte posterior que en la parte delantera.

**Figura 19**

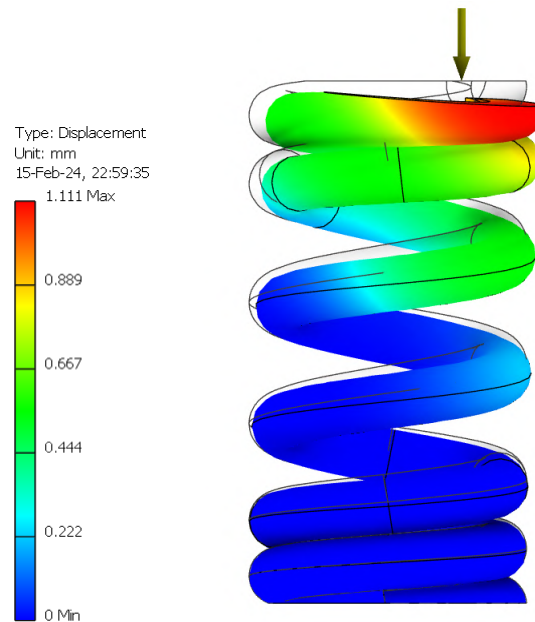
*Deformación del resorte posterior.*



**Nota:** Se puede apreciar que la deformación máxima del resorte ante la carga de 18,656 N es de 5,843 mm, cercana a los 5,4 mm calculados.

## Figura 20

*Deformación del resorte delantero.*



**Nota:** Se puede apreciar que la deformación máxima del resorte ante la carga de 6,344 N es de 1,111 mm, cercana a los 1,2 mm calculados.

### 7.2.2.3. Diseño del sistema de trituración

Como se concluyó gracias a la tabla 2 el método de trituración será el molino de rodillos, los principales subsistemas analizados dentro del molino serán, el sistema de rodillos, un sistema de protección y un sistema de ajuste de tamaño de la partícula.

#### Sistema de rodillos

Para la realización del diseño de una trituradora de cacao por molino de rodillos se deben definir las dimensiones de los rodillos en consideración de las diferentes características físicas del cacao, nibs y rodillos.

Para obtener el diámetro de los rodillos se debe obtener inicialmente la cantidad de nibs que se requiere procesar por hora, dado que nuestro requisito es 100 kg/h debemos transformar estos kilogramos a metros cúbicos, para esto se usará la tabla 5 de referencia de pesos específicos de materiales donde se nos presenta que el cacao tiene un peso de 561 kg/m<sup>3</sup>

## Tabla 5

*Densidad de diferentes materiales*

Alimentos	$kg/m^3$
Cacao	561

**Nota:** Extraído de la tabla de referencia de densidades específicas de diversos materiales según el instituto chileno del acero(ACERO, 2019).

Se procede a calcular.

$$Flujo = 100 \frac{kg}{h} \cdot \frac{1}{561} \frac{m^3}{kg}$$

$$Flujo = 0,178 \frac{m^3}{h}$$

Para garantizar la capacidad de trituración más allá del cálculo teórico estableceremos un factor de garantía de 3.

$$Flujo = 0,178 \frac{m^3}{h} \cdot 3$$

$$Flujo = 0,535 \frac{m^3}{h}$$

Una vez obtenido el objetivo a triturar en metros cúbicos procederemos a calcular el diámetro necesario para los rodillos con la formula:

$$Q = 60 \cdot \pi \cdot N \cdot Dr \cdot Df \cdot l \frac{m^3}{h} \quad (6)$$

Donde:

Q: cantidad de cacao procesada por hora (m<sup>3</sup>/h)

N: R.p.m. de giro de los rodillos (r.p.m.)

Dr: Diámetro de los rodillos (m)

Df: separación de los rodillos (m)

l: longitud de los rodillos (m)

Despejando la ecuación 6 obtenemos

$$Dr = \frac{Q}{60 \cdot \pi \cdot N \cdot Df \cdot l}$$

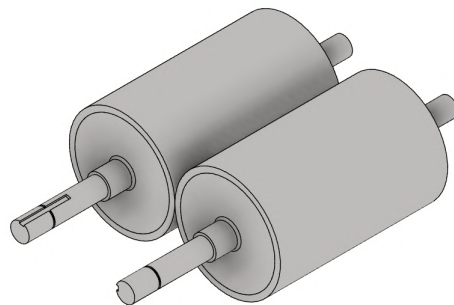
$$Dr = \frac{0,535 \frac{m^3}{h}}{60 \cdot \pi \cdot 50 R.p.m. \cdot 0,0025m \cdot 0,18m}$$

$$Dr = 0,126m$$

Como nos indica el cálculo se necesita rodillos de aproximadamente 126mm de diámetro para cumplir nuestra producción requerida, dado a la disponibilidad del mercado se utilizara tubo de acero inoxidable de 4 pulgadas los cuales tienen un diámetro exterior de 113,6 mm. A continuación, en la figura 21 se puede observar el modelado de los rodillos.

### Figura 21

*Rodillos*



**Nota:** Se aprecia el conjunto de rodillos trituradores conformados por tubo de acero inoxidable de 4 pulgadas.

### **Subsistema de protección**

El sistema se planteara de manera que este cuente con protección ante el ingreso de cuerpos ajenos al proceso tales como rocas o contaminantes con la capacidad de lastimar la integridad de los rodillos. Este sistema de protección también deberá servir de protección para el usuario en caso de ingresar una extremidad.

Para garantizar la instantánea separación de los rodillos en caso de presencia de un agente externo se utilizara un resorte cuya constante de elasticidad permita triturar el cacao, pero ceda ante objetos de mayor dureza. Utilizaremos el módulo de compresión de los huesos humanos para obtener la fuerza a la que se debe deformar el resorte y con esto calcularemos su elasticidad

$$\sigma = F \cdot A \quad (7)$$

$$F = \frac{\sigma}{A}$$

$$F = \frac{20400Mpa}{64mm \cdot 15mm}$$

$$F = 56,667N$$

$$F = k \cdot x$$

$$k = \frac{F}{x}$$

$$k = \frac{56,667N}{0,02m}$$

$$k = 2833,35$$

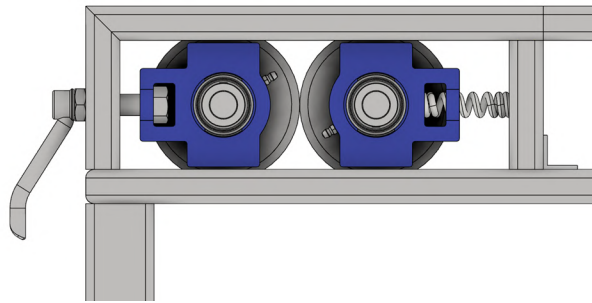
### **Subsistema de ajuste de tamaño de la partícula**

Para permitir el cambio de tamaño de la partícula, los rodillos se montaran sobre una chumacera deslizante que permita al rodillo moverse de manera lineal entre 0 y 10 milímetros. Las chumaceras seleccionadas se pueden ver en la figura 22



## Figura 22

*Subsistema de ajuste de tamaño de la partícula*



**Nota:** Se aprecian tanto el sistema de ajuste como el de protección.

### 7.2.2.4. Diseño de sistema de transmisión de movimiento

El sistema de transmisión de movimiento se presenta en primera instancia como un reto dado que para nuestro sistema de trituración no basta con la rotación de los rodillos sino que además se debe permitir una separación de hasta 10 mm entre ellos sin perder la transmisión del movimiento para decidir el sistema de transmisión se consideraron diferentes métodos presentados a continuación.

### 7.2.2.5. Selección del motor

Para la selección del motor para el movimiento rotativo de los rodillos se generó una tabla de ponderación donde los parámetros a evaluar serán: accesibilidad, tamaño, facilidad de control y costos. la accesibilidad del motor se refiere a la facilidad de adquisición y mantenimiento del motor. Debido a la geometría de la estructura propuesta para la máquina trituradora se busca un motor de un tamaño reducido. Otro componente es la facilidad de control del motor. El parámetro de costos incluye el costo del motor. Considerando la geometría y tamaño del molino y tolva se propone 3 tipos de motores: motor trifásico, monofásico y de corriente continua.

Para el motor trifásico se considera su mayor desventaja su tamaño, así como su mayor ventaja la disponibilidad de una extensa variedad de motores trifásicos en el mercado. Los

motores trifásicos y monofásicos tienen una calificación intermedia en el parámetro de facilidad de control ya que en ambos casos se utilizaría un PLC o variador de frecuencia mientras que para controlar un motor de corriente continua se puede utilizar un microchip que resultaría más pequeño y económico; respecto a la comparativa de dificultad de programación entre un plc y microchip, no se la considera debido a que la capacidad de programación resulta subjetiva en función a la experiencia y habilidades del programador. De esta manera el parámetro de facilidad se definiría por el tamaño y costo de los controladores.

A continuación, se presenta la tabla 4 donde se realiza la valoración ponderada del tipo de motor a utilizar en el diseño.

Donde:

Cada parámetro tiene un valor asignado en porcentaje sobre 100 (##/100%).

Para cada diseño se realizó una evaluación de entre 1-5 siendo 1 muy malo y 5 muy bueno.

Para obtener el valor total se suman los porcentajes y este dará un valor sobre 100%.

**Tabla 6**

*Tabla de ponderación del tipo del motor*

	<b>Accesibilidad</b>	<b>Tamaño</b>	<b>Facilidad de Control</b>	<b>Costo</b>	<b>Total</b>
Factor de ponderación	15%	15%	30%	40%	100%
<b>Motor trifásico</b>	5 (15%)	2 (6%)	3 (18%)	3 (24%)	63%
<b>Motor monofásico</b>	4 (12%)	4 (12%)	3 (18%)	1 (8%)	50%
<b>Motor de corriente continua</b>	3 (9%)	5 (15%)	5 (30%)	5 (40%)	94%

**Nota:** *En conformidad con la tabla 6, se considera la opción de motor de corriente continua como la más conveniente para la máquina trituradora. Considerando que el motor de corriente continua supera al motor trifásico con 31% y al motor monofásico con 44%.*

Ya que se definió el tipo de motor, en la sección anterior, se procede a realizar el cálculo de la potencia necesaria del mismo.

Debido a que en el mercado no existen motores con las características específicas de potencia, se optó por la opción más cercana de 500W. El motor en cuestión es el VOL-BL050C110

(24v 500w Higher Efficiency Hallsensor Bldc Motor) de Volcano Electronic.

**Figura 23**

*Motor del molino de rodillos*

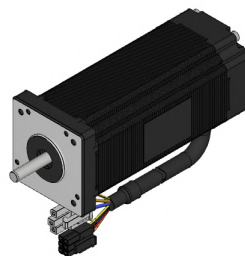


**Nota:** Motor modelo: VOL-BL050C110 de la marca: Volcano Electronic (Volcano electronic, 2021).

Para el motor de vibración se eligió un motor del mismo voltaje (24v) de entrada pero mayores revoluciones puesto que la vibración es dependiente de la velocidad del giro del motor. El motor escogido es el BL17E40-01 de la empresa Lin Engineering, el cual nos ofrece hasta 4000 r.p.m.

**Figura 24**

*Motor del vibrador*



**Nota:** Motor modelo: BL17E40-01 de la marca Lin Engineering (Lin Engineering, 2023).

#### **7.2.2.6. Selección de material**

De acuerdo con la norma ISO 22000 para el procesamiento de alimentos se requiere metales de grado alimenticio, tales como el acero inoxidable o ciertas aleaciones de aluminio. Dada su alta disponibilidad en el mercado tanto en su adquisición como en sus técnicas de manufactura el material seleccionado será el acero inoxidable de grado alimenticio, el cual está conformado por una aleación de hierro y níquel y posee resistencia tanto a la corrosión como a la oxidación, además de ser un material inerte lo cual previene la acumulación de bacterias y microorganismos. (NQA, 2023).

#### **7.2.2.7. Selección del controlador para la máquina trituradora de cacao**

Para el controlador se consideraron alternativas comunes en la industria tales como el PLC, sin embargo, al ser motores de corriente continua se llegó a la conclusión de que la mejor manera de controlar la velocidad de cada motor independientemente es mediante la utilización de un microchip de corriente continua.

Para la selección del microcontrolador se consideraron diferentes placas programables como Arduino, el controlador ESP8266, y el Pic16F877a. Los criterios de selección incluyen la robustez en la industria, memoria, capacidad de extensión, y compatibilidad con diferentes lenguajes.

**Tabla 7**

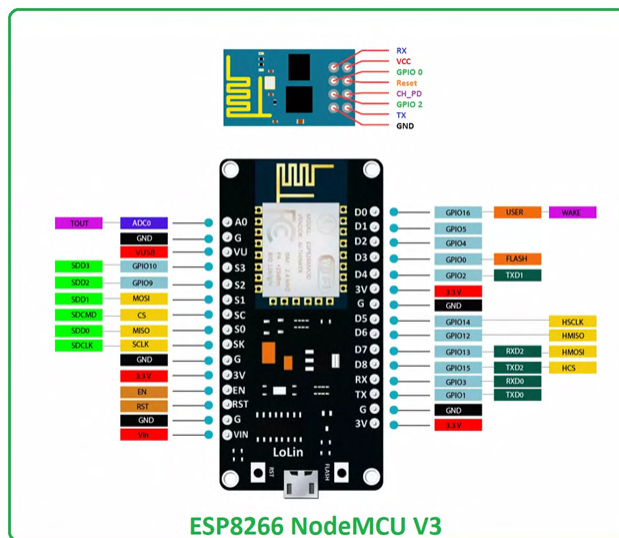
*Tabla de ponderación del tipo del controlador*

	<b>Robustez</b>	<b>Costo</b>	<b>Conectividad</b>	<b>Lenguajes Soportados</b>	<b>Total</b>
Factor de ponderación	30%	40%	15%	15%	100%
<b>Arduino</b>	1 (6%)	4 (32%)	3 (9%)	3 (9%)	56%
<b>ESP8266</b>	4 (24%)	4 (32%)	4 (12%)	5 (15%)	83%
<b>PIC16F877A</b>	3 (18%)	5 (40%)	3 (9%)	1 (3%)	69%
<b>PLC</b>	5 (30%)	1 (8%)	9 (9%)	1 (31%)	78%

**Nota:** En base a la tabla anterior se concluye que el controlador ESP8266 es bastante superior dado que presenta características de robustez y conectividad además de poder ser programado en diversos lenguajes como Python o el mismo lenguaje Arduino.

**Figura 25**

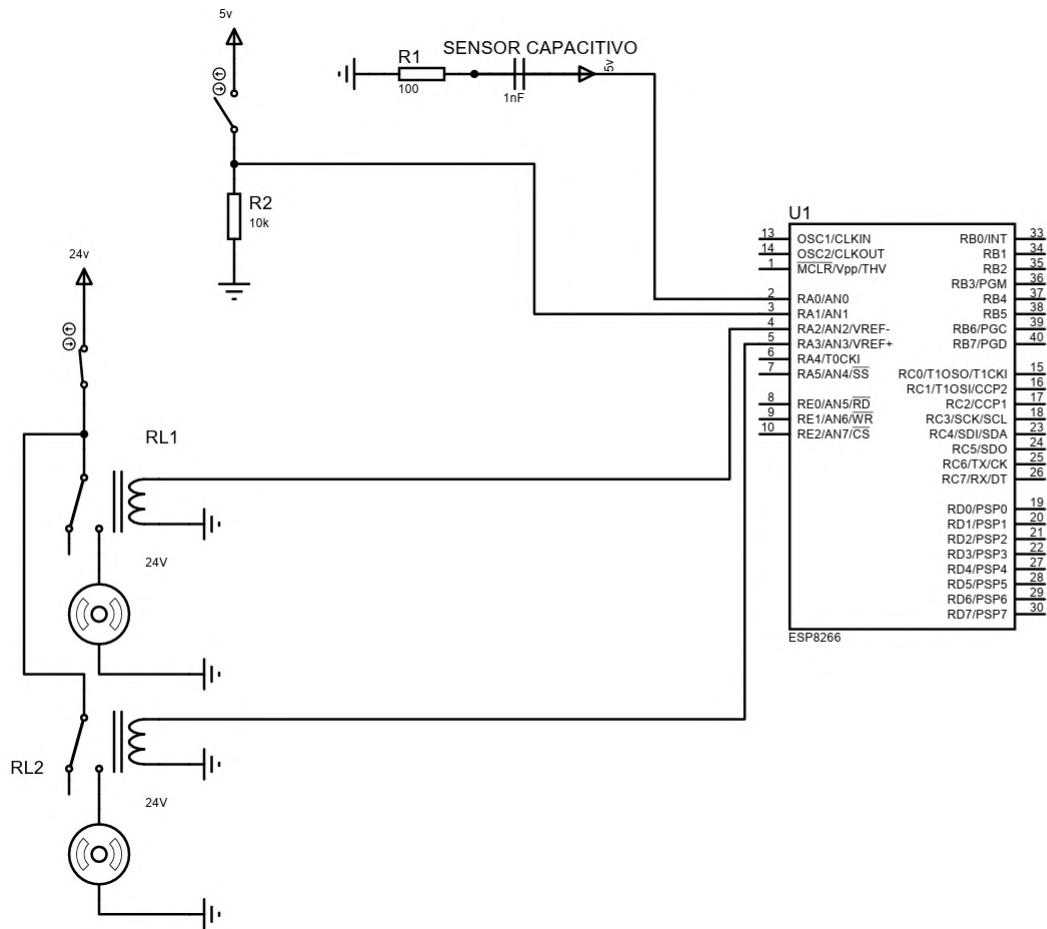
*Conexiones ESP8266*



**Nota:** Datasheet del microprocesador (Watson, 2018).

**Figura 26**

*Esquema de conexiones eléctricas*



**Nota:** En la imagen se observa el esquema bajo el cual se conectara al controlador ESP8266 y demás componentes eléctricos y electrónicos.

### 7.2.2.8. Selección del sensor de presencia de cacao

Parte de los elementos necesarios para llevar a cabo el control de la máquina trituradora es el sensor detector de presencia de cacao. Por condiciones de diseño se seleccionó un sensor capacitivo y después de realizar una investigación en el mercado se seleccionó el sensor CM12-08EBP-KC1 de la marca SICK (Sick, 2023). Este sensor irá acoplado a un lateral inferior de la tova para sensar la presencia de granos de cacao en la misma.

## Figura 27

*Sensor capacitivo de la marca SICK*



**Nota:** En la imagen se observa el sensor capacitivo escogido, este cuenta con un diametro de 12mm

### 7.2.3. Selección de interfaz con el usuario

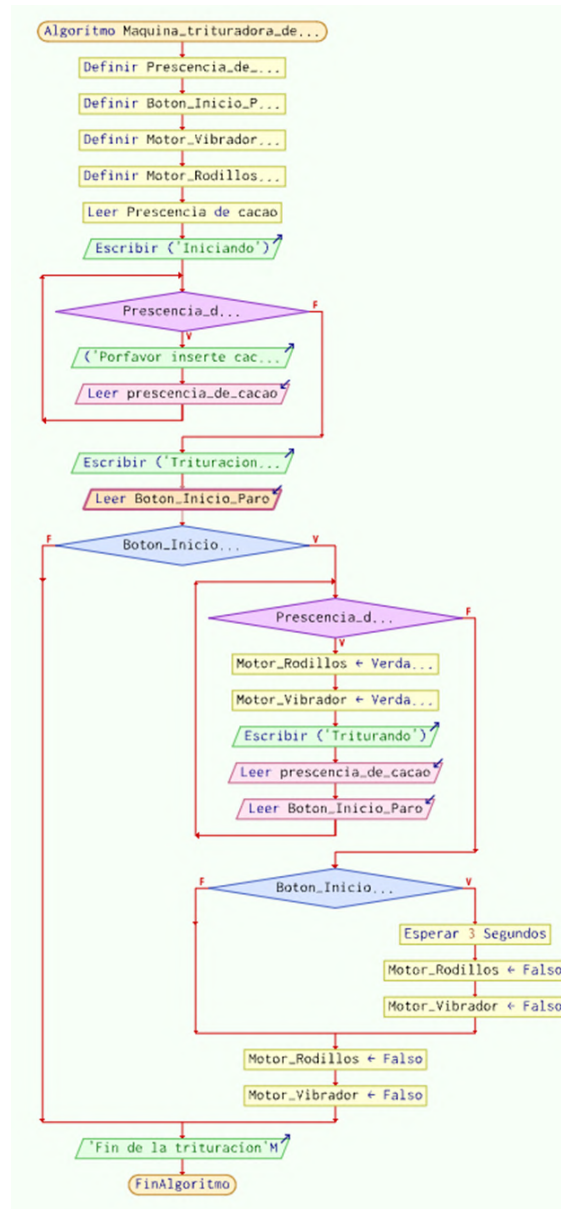
Considerando el controlador y sensor propuesto para la trituradora, se ha seleccionado una botonera simple con un botón de inicio, paro y emergencia; mediante la cual, el operador podrá poner en marcha y para la máquina trituradora. Para los avisos se sugiera la integración de una pantalla OLED en la parte posterior de la máquina. Por costos y características se seleccionó la pantalla DWEII 2.4"(Amazon, 2023).

#### 7.2.3.1. Programación del controlador

El algoritmo encargado de controlar la máquina trituradora de cacao procurará mantener en un nivel óptimo de simplicidad y facilidad de comprensión, con el objetivo de asegurar una operatividad intuitiva por parte del usuario. Esto además contribuirá a la economía de programación para el correcto funcionamiento del sistema. A continuación se presenta el diagrama de flujo correspondiente al algoritmo de control de la máquina trituradora de cáscara de cacao

**Figura 28**

*Diagrama de flujo del código a implementar*



**Nota:** El código completo se encuentra en la sección de anexos.

El programa propuesto tiene como objetivo que no se inicie la secuencia de trituración a menos que se sense la presencia de granos de cacao en la tolva. Con esto se busca evitar el mal uso de la maquinaria reduciendo drásticamente la posibilidad de accidentes o incidentes



laborales.

#### 7.2.4. Análisis de costos

Para analizar los costos de implementación de la máquina trituradora se consideraron los precios de las piezas a manufactura y aquellos componentes que solo se deben adquirir. Para las piezas a manufacturar se sigue la misma plantilla para todas las piezas; esta plantilla considera los equipos y herramientas para la manufactura, así como todo el material necesario; el material incluye la materia prima e insumos necesarios en el proceso de manufactura. También se considera el transporte y mano de obra involucrado. Todo lo anterior mencionado se considera como costos directos, el costo indirecto de cada pieza representa el 20% que esta diseñado a cubrir los sujetadores e insumos varios que se puedan necesitar. A continuación, se presenta, en la figura 29, un ejemplo de la plantilla utilizada para la obtención de costo unitario de cada pieza.

**Figura 29**

*Plantilla de costos unitarios*

**Análisis de Precios Unitarios**

Código:  
 Descip.: Pared del Motor  
 Cantidad

COSTOS DIRECTOS							
Equipo y herramienta							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Cortadora	Corte	2.00	\$ 1.00	1.00	\$ 2.00	8.48%
	Taladro	Agujero	5.00	\$ 0.50	1.00	\$ 2.50	10.60%
	Soldadora	Hora	1.00	\$ 3.50	1.00	\$ 3.50	14.84%
Subtotal de Equipo:						\$ 8.00	33.93%
Materiales							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Plancha de acero inoxidable 304	m2	0.063	\$ 118.40	1.00	\$ 7.46	31.63%
	Electrodo 308	-	4.000	\$ 0.28	1.00	\$ 1.12	4.75%
Subtotal de Materiales:						\$ 8.58	36.38%
Transporte							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
Subtotal de Transporte:						0.00	0.00%
Mano de Obra							
Código	Descripción	Horas	Precio	Rendim.	Total	%	
	Soldador	1.00	\$ 7.00	1.00000	\$ 7.00	29.69%	
Subtotal de Mano de Obra:						\$ 7.00	29.69%
Costo Directo Total:						\$ 23.58	
COSTOS INDIRECTOS							
						20 %	\$ 4.72
<b>Precio Unitario Total</b>						<b>\$ 28.29</b>	

Son:

**Nota:** Tabla plantilla de los costos unitarios.

Una vez realizado este análisis unitario para cada una de las piezas, se realiza una sumatoria total de estas piezas junto con los elementos a adquirir para así obtener el costo total de la máquina. En la tabla se puede observar el resumen de estos componentes.

**Figura 30**

*Costos totales de la máquina trituradora de cacao*

Elemento	Cantidad	Costo unitario	Costo total	Porcentaje
Tolva	1	\$ 28.67	\$ 28.67	2%
Base del motor	1	\$ 39.99	\$ 39.99	3%
Grupo coberturas	1	\$ 70.23	\$ 70.23	5%
Cobertura Grande	1	\$ 83.41	\$ 83.41	6%
Rodillos	2	\$ 74.88	\$ 149.76	11%
Estructura	1	\$ 241.33	\$ 241.33	17%
Guia del resorte	1	\$ 34.01	\$ 34.01	2%
Tolva de salida	1	\$ 44.90	\$ 44.90	3%
Vibrador	1	\$ 25.71	\$ 25.71	2%
Sotenedor del motor	1	\$ 15.64	\$ 15.64	1%
Riel (4)	1	\$ 46.84	\$ 46.84	3%
Zaranda	1	\$ 59.00	\$ 59.00	4%
Brazo	1	\$ 25.34	\$ 25.34	2%
Riel del tensor	1	\$ 32.96	\$ 32.96	2%
Pared del Motor	1	\$ 28.29	\$ 28.29	2%
Soporte de catalinas	1	\$ 19.25	\$ 19.25	1%
<b>Total elemenntos manufacturados</b>		\$ 870.45	\$ 945.33	\$ 0.67
Motor dc	2	\$ 126.07	\$ 252.14	18%
Manija	2	\$ 3.00	\$ 6.00	0%
Chumacera lineal	4	\$ 15.00	\$ 60.00	4%
Base de la pata	4	\$ 0.50	\$ 2.00	0%
Catalina grande	2	\$ 16.26	\$ 32.52	2%
Catalina mediana	2	\$ 11.15	\$ 22.30	2%
Catalina pequeña	1	\$ 5.98	\$ 5.98	0%
Rodamientos	4	\$ 5.58	\$ 22.32	2%
Esp8266	1	\$ 8.00	\$ 8.00	1%
Fuente 24v	1	\$ 24.00	\$ 24.00	2%
Cadena	1	\$ 20.00	\$ 20.00	1%
Anillos segger	2	\$ 0.10	\$ 0.20	0%
<b>Total elemntos Comprados</b>		\$ 235.64	\$ 455.46	33%
<b>Total</b>			\$ 1,400.79	100%

**Nota:** Tabla resumen del costo de la máquina trituradora.

El mayor porcentaje del costo de la máquina trituradora corresponde a los elementos manufacturados representando un 67% que corresponde a un valor de \$945,33. El resto del

costo de la máquina, 33%, es el de los elementos comprado representando un valor \$455,46. El costo total de la máquina trituradora resulta en \$1 400,79. Los elementos más costos son el motor que corresponde un 18% con un valor de \$252,14; y la estructura con un %17 y un valor de \$241,33.

## **8. Resultados**

En este capítulo se presentarán los resultados del desarrollo del proyecto.

### **8.1. Parámetros establecidos para el diseño de la máquina de trituración de cáscara de cacao para la producción industrial de chocolate**

A partir de lo desarrollado en la sección 6.2.1., donde se han establecido los parámetros del cacao; se definieron las características de la máquina; se seleccionó el método de trituración, el material, motor, controlador y sensores. A partir de las necesidades de la empresa ChocoTICS, la geometría y los atributos del grano de cacao, se definieron las particularidades de la máquina trituradora.

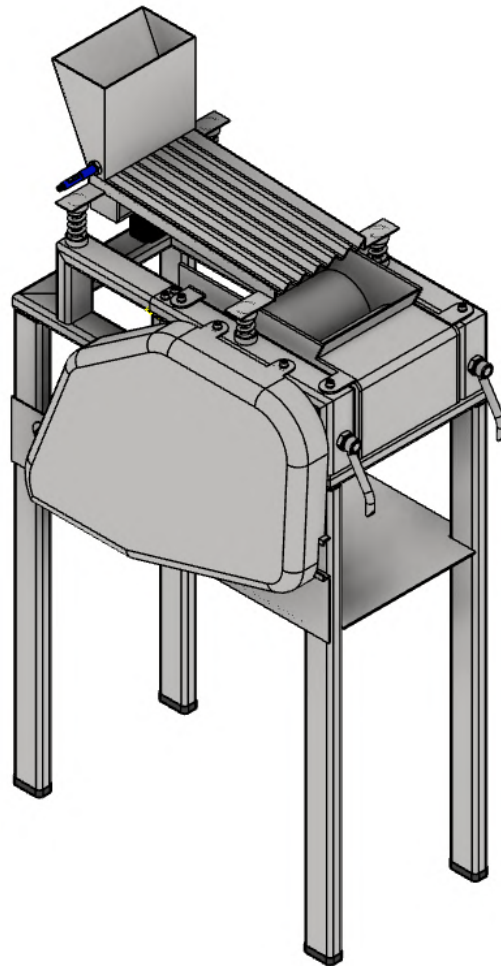
Basándose en los requisitos de la empresa, se definieron las generalidades de la máquina trituradora, como el tamaño de los nibs y capacidad de producción. Mediante la ponderación de diferentes tipos de triturador se seleccionó un molino de rodillos. Para la selección de material, en adherencia a la norma ISO 22000 se seleccionó al acero inoxidable de grado alimenticio como material principal para la construcción de la máquina. Continuando con la selección de los componentes, se seleccionó un motor de corriente continua, para el controlador un microchip ESP8266 y el sensor de proximidad CM12-08EBP-KC.

### **8.2. Diseño de la máquina trituradora de cáscara de cacao para la producción industrial de chocolate**

En concordancia con la identificación de los parámetros de la máquina, selección de componentes y lo desarrollado en la sección 6.3, se diseñó una máquina triturada que se puede apreciar en la figura 31.

### Figura 31

*Diseño final de la máquina trituradora de cacao*



**Nota:** Se puede apreciar el diseño final, al que se llegó mediante la consideración de todos los parámetros analizados.

Este diseño tienen unas dimensiones, capacidad, volumen, que se pueden ver resumidas en la tabla 6.

**Tabla 8***Medidas finales de la máquina trituradora de cacao*

<b>Característica</b>	<b>Valores</b>	<b>Unidad</b>
Alto (con tolva)	1180	mm
Alto (sin tolva)	953,1	mm
Largo	600	mm
Ancho	360	mm
Capacidad de la tolva	1,5	litros
Producción	100	kg/h
Material	Apto para el pocesamiento de alimentos	
Tamaño del nib	2,5 - 10	mm

Parte del diseño de la máquina, consiste en la selección del motor que cumpla tanto con los requerimientos de potencia como de características definidas en la selección del tipo de motor. En este caso se define un motor de corriente continua de 24v y 500 W; el cual se puede apreciar en la figura 23. Para el motor de sistema vibrador se selecciono un motor de 24v y hasta 4000 r.p.m; el que se encuentra en la figura 24. Además, se consideran las características de los resortes que permiten la vibración de la tolva. En la tabla 9 se enlistan los componentes de potencia, control, sensores, resortes, etc. de la máquina trituradora, se incluyen las características de potencia, alimentación, marca y modelo.

### **8.3. Análisis de costos de la implementación de la máquina trituradora de cáscara de cacao para la producción industrial de chocolate**

Considerando todos los componentes del desarrollo del diseño de una máquina trituradora de cacao se identificó que construirla costaría \$1 400,79. Este valor no considera el talento humano involucrado que representa 420 horas del autor y 96 horas del tutor.

Para la definición del costo final de la máquina se consideraron los valores de manufactura y adquisición de los elementos, pero estos están sujetos a cambios en el mercado, dicho esto, los precios se basaron en la realidad del mercado entre los meses de octubre de 2023 y enero de 2024. Los costos del talento humano son los más significativos representando un costo de \$3 072. La ventaja del desarrollo de este proyecto es que en el caso de que se desee implementar el diseño de la máquina trituradora solo se deberá asumir el costo de construcción de la

máquina.

**Tabla 9**

*Tabla resumen de los componentes*

Componente	Característica	Valor	Unidad	Marca y Modelo
Motor del molino de rodillos	Alimentación	24	v	Volcano Electronic VOL-BL050C110
	Potencia	500	W	
Motor del vibrador	Alimentación	24	v	Lin Engineering BL17E40-01
	Velocidad angular	4000	r.p.m.	
Sensor de proximidad	Alimentación	5-36	v	SICK CM12-08EBP-KC
	Salida conmutada	PNP/NPN		
Controlador	Alimentación	5	v	NodeMCU ESP8266
	Modulo wifi	Si		
Pantalla OLED	Conectividad	I2C	-	DWEII 2.4”
Chumaceras	Grosor del eje	20	mm	SKF_TU 20 FM
Resortes delanteros	Constante elástica del muelle (k)	5201,132	-	-
Resortes posteriores	Constante elástica del muelle (k)	3467,422	-	-
Resorte de protección	Constante elástica del muelle (k)	2833,35	-	-

*Tabla resumen de los componentes de la máquina trituradora con sus características más representativas.*

## 9. Cronograma

En la tabla 10 se presenta el cronograma de actividades bajo el que se desarrollara el proyecto.

**Tabla 10**

*Cronograma de actividades.*

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES																										
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	ACTIVIDADES	MES 1				MES 2				MES 3				MES 4				MES 5				MES 6				HORAS
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
Establecer los parámetros iniciales para el diseño de una máquina de trituración de cáscara de cacao para la producción industrial de chocolate.	Establecer las dimensiones de la maquinaria.	X	X	X																						8
	Establecer el tipo de trituración de cacao.				X	X																				6
	Identificar los tipos de sistemas que tendrá la máquina.					X	X																			8
Proponer el diseño de una máquina trituradora de cáscara de cacao para la producción industrial de chocolate.	Elaboración del diseño mecánico.							X	X	X																38
	Elaboración del diseño electrónico.									X	X	X														35
	Revisión de los diseños elaborados.										X	X														25
	Depuración de los diseños elaborados.												X	X												20
	Simulación mediante software del sistema mecánico.														X	X	X									20
	Simulación mediante software del sistema electrónico.																	X	X	X						20
	Evaluación final del diseño mecatrónico.																			X	X					15
Realizar un análisis de costos para la implementación integral de la máquina trituradora de cáscara de cacao para la producción de chocolate..	Realizar un análisis de costo de los materiales a manufacturar.																						X	X	4	
	Realizar un análisis de costos de los elementos a comprar.																						X	X	4	
	Realizar un análisis de costo de implementación del diseño a proponer.																						X	X	2	
	Redacción de documento	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	35
<b>Total de horas empleadas</b>																							<b>240</b>			

**Nota:** La tabla presenta las actividades para cumplir con los objetivos planteados.

## 10. Presupuesto

A continuación se realizará una revisión del presupuesto necesario para la implementación de la máquina trituradora de cacao. En la tabla 12 se pueden observar los costos desglosados del talento humano involucrado en el desarrollo del proyecto.

### 10.1. Talento humano

**Tabla 11**

*Recurso de talento humano.*

Cargo	Nombre	Costo hora	Horas al mes	Total de horas	Costo total
Tutor	Ing. Eugenio Cárdenas	12\$	8	96	1152 \$
Autor 1	Juan Carangui	8\$	48	240	1920 \$

**Nota:** En la tabla se observa el costo de las 240 horas establecidas en el cronograma de trabajo y el costo de las horas de revisión por parte del docente revisor que se establecerán al inicio de la asignatura "Integración Curricular".

### 10.2. Recursos materiales

Además, de los recursos humanos existen recursos materiales necesarios para la implementación de la máquina trituradora. Estos se pueden observar en la tabla 12, donde estos costos son definidos por cada sistema que conforma la máquina.



**Tabla 12***Recursos materiales*

Sistema	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total	Porcentaje %
Sistema de trituración	1	262,6\$	262,6 \$	19%
Estructura.	1	568,45 \$	568,45 \$	41%
Sistema alimentador.	1	163,03 \$	163,03 \$	12%
Sistema de transmisión de movimiento	1	374,71 \$	374,71 \$	27%
Sistema de mando	1	32 \$	32 \$	2%

**Nota:** En la tabla se observan los costos de cada uno de los sistemas que compones la máquina trituradora de cacao.

**Tabla 13***Costo Total.*

-	Costo por Hora	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
Juan Carangui.	8\$	240	-	1920 \$
Sistema de trituración	-	1	262,6 \$	262,6 \$
Estructura.	-	1	568,45 \$	568,45 \$
Sistema alimentador.	-	1	163,03 \$	163,03 \$
Sistema de transmisión de movimiento	-	1	374,71 \$	374,71 \$
Sistema de mando	-	1	32 \$	32 \$
Total.	-	-	1400,79 \$	3320,79 \$

**Nota:** La tabla presentada, muestra el costo total del proyecto de titulación.

## 11. Conclusiones

La industria del chocolate en el país se destaca como un sector con un significativo potencial de innovación y progreso. En este contexto, surge la necesidad imperante de buscar alternativas más rentables para la fabricación de chocolate. En respuesta a este desafío, se ha concebido el desarrollo de un diseño de máquina trituradora de cacao que satisfaga las exigencias específicas de la empresa ChocoTICS. El propósito es aprovechar eficientemente los recursos disponibles y a su vez, introducir innovaciones en el proceso productivo; para alcanzar este objetivo, se han establecido criterios precisos para el diseño de la máquina trituradora, se ha llevado a cabo su concepción mecatrónica, y se han evaluado detalladamente los costos asociados a su implementación.

La máquina trituradora ha sido debidamente caracterizada en preparación para su posterior diseño. Para el modelo propuesto, se ha determinado la capacidad volumétrica requerida para procesar 100 kg por hora. Este diseño incorpora un sistema de trituración basado en un molino de rodillos, junto con componentes de potencia en corriente continua y una interfaz de usuario intuitiva que facilita la operación de la máquina trituradora. La elección de un molino de rodillos permite la producción eficiente de una gran cantidad de granos en un tiempo reducido, manteniendo la uniformidad del nib. Dada la naturaleza del proceso productivo en un entorno alimenticio, se ha establecido que el material más adecuado para la implementación de la máquina es el acero inoxidable.

A pesar de que el sistema de transmisión se presentó como un reto dado que se necesita invertir la dirección del giro de uno de los rodillos, y el sistema de engranajes no es viable para nuestra aplicación, se consiguió la inversión de giro de con respecto a su pareja mediante la utilización de un sistema de piñones y cadenas estratégicamente colocados para mantener la tensión del sistema aun cuando la separación de los rodillos puede llegar hasta los 10 mm. De igual manera se identificaron los elementos necesarios para una correcta interfaz con el usuario, se definió un controlador, sensor de llenado de la tolva, pantalla para visualizar avisos y botonera de control.

El diseño de la máquina trituradora se ha concebido tomando como referencia el contexto previamente establecido. A partir de este marco, se ha desarrollado un sistema completo que abarca el alimentador, el proceso de trituración y la transmisión de movimiento. Este

proceso incluyó también el cálculo del motor y la programación del controlador. El diseño del alimentador comprendió la estructuración de la tolva, la zaranda, el motor y los resortes. La configuración de la tolva se adaptó a las exigencias del mercado y cumplió con los requisitos volumétricos establecidos por la empresa. Para prevenir el bloqueo de granos, se implementó una zaranda vibratoria en la entrada del molino. Esta zaranda, compuesta por un conjunto de resortes y un motor vibrador, fue diseñada con base en cálculos precisos para definir la amplitud de vibración. Al establecer que los resortes delanteros fueran más rígidos que los traseros, se logró una vibración más amplia en la sección posterior, reduciendo así la posibilidad de bloqueos en la zona más crítica del sistema.

Para el diseño del sistema de trituración, se establece el empleo de un sistema de rodillos, así como de protección y ajuste del tamaño del nib. Se han considerado tanto la estructura de los granos de cacao como el flujo de trabajo para definir las dimensiones adecuadas de los rodillos. Se ha diseñado un sistema de protección utilizando resortes para permitir el paso de elementos externos sin dañar los rodillos y para evitar posibles lesiones al operador en caso de contacto accidental con alguna extremidad. Además, en base a los requisitos identificados, se ha desarrollado un sistema de regulación del tamaño del nib mediante la implementación de chumaceras deslizantes.

En referencia a los costos de implementación se obtuvo un valor de \$ 1400,79, que representa la construcción de la máquina trituradora. La ventaja del desarrollo de este proyecto es que en el caso que se desee implementar el diseño aquí desarrollado, este sería el único costo que la empresa asumiría. El costo que representa la implementación del diseño es admisible para los pequeños y medianos productores de chocolate.

## **12. Recomendaciones**

Durante el desarrollo de este proyecto se identificaron muchos componentes que se pueden mejorar o realizar exploraciones futuras. Estas recomendaciones pretenden mejorar la implementación y dar paso a futuras investigaciones o desarrollos.

Para un futuro desarrollo de la máquina trituradora de cacao se recomienda considerar la automatización del sistema de regulación de tamaño de la partícula triturada ya que por restricciones de tiempo el sistema actualmente se opera de forma manual. Con la implemen-

tación de 2 motores de corriente continua con sus respectivos encoders y control se podría automatizar el sistema para ganar precisión y comodidad en el uso de la máquina.

El controlador escogido cuenta con compatibilidad wifi por lo cual se puede considerar la implementación de un sistema IOT. Este ayudaría al control remoto de la trituradora y a mantener un mejor seguimiento de las horas de trabajo entre otros.

Se recomienda al momento de escoger la empresa priorizar la búsqueda de una con una línea de producción ya establecida, ya que si bien el establecer la línea está dentro las competencias de un mecatrónico el factor tiempo es realmente limitante a la hora de llevar a cabo un proyecto de tal magnitud. Esto aunado al hecho de que la empresa no puede ofrecer apoyo logístico ni experiencia en el campo en cuestión complica aún más el desarrollo del trabajo de titulación.

## Referencias

- ACERO, I. C. D. (2019). *Pesos específicos de materiales*. ([https://metalicas-uv.weebly.com/uploads/8/7/8/7/8787102/formulas\\_vigas.pdf](https://metalicas-uv.weebly.com/uploads/8/7/8/7/8787102/formulas_vigas.pdf))
- Alegría, V. E. A. (2015). *Evaluación de tratamientos previos al proceso de tostado de semillas de cacao para el diseño del área de producción de pasta de cacao*. Escuela Politécnica Nacional, Quito.
- Amazon. (2023). *Dweii 2.4"2.42 pulgadas 128x64 oled lcd módulo ssd1309 7 pin spi/iic i2c interfaz serie para arduino uno r3 diy electrónico - luz azul*. ([https://www.amazon.com/-/es/pulgadas-SSD1309-interfaz-Arduino-electrónico/dp/B0B2R3RBKL/ref=sr\\_15?adgrpid=123671850366hvadid=673538518725hvdev=chvlocphy=1005373hvnetw=ghvqmt=bhvrand=11873552788108296372hvtargid=kwd-303424163413hydadcr=2798514727893keywords=pantalla](https://www.amazon.com/-/es/pulgadas-SSD1309-interfaz-Arduino-electrónico/dp/B0B2R3RBKL/ref=sr_15?adgrpid=123671850366hvadid=673538518725hvdev=chvlocphy=1005373hvnetw=ghvqmt=bhvrand=11873552788108296372hvtargid=kwd-303424163413hydadcr=2798514727893keywords=pantalla))
- Bolton, W. (2017). *Mecatrónica sistemas de control electrónico en la ingeniería mecánica y eléctrica*. México: ALFAOMEGA.
- CocoaTown. (2019). *Cocoat power cracker*. Descargado de <https://cocoatown.com/products/cocoat-power-cracker> (Fecha de acceso: 9 de Noviembre, 2019)
- Comeercial Pacific. (2021). *Tipos de transmisiones de potencia*. (<https://www.cpacific.cl/blog/tipos-de-transmisiones-de-potencia>)
- Google. (2022). *Ubicacion de realizacion del proyecto*.
- Gémina. (2023olive). *Molino de martillos*. ([https://www.gemina.es/files/catalogue/pdf/21\\_Molino\\_Martillo.pdf](https://www.gemina.es/files/catalogue/pdf/21_Molino_Martillo.pdf))
- La Redaccion. (2013). *El sector cacaotero implementará estrategias y alianzas para fortalecerse en centroamérica*. (<https://financierodigital.com/el-sector-cacaotero-implementara-estrategias-y-alianzas-para-fortalecerse-en-centroamerica/>)
- Lin Engineering. (2023). *BL17 series - rapid prototyping motors*. (<https://www.linengineering.com/products/brushless-motors/standard-blde-motors/bl17-series/bl17e40-01/BL17E40-01>)
- Loayza, F., y Zabala, J. (2018). *Análisis de la cadena productiva del cacao ecuatoriano para el diseño de una política pública que fomente la productividad y la eficiencia de la producción cacaotera período 2007-2016*. Pontificia Universidad Católica de Ecuador, Quito.
- Líderes. (2014). *El cacao ecuatoriano su historia empezó antes del siglo xv*. El cacao es una fruta tropical, sus cultivos se encuentran mayormente en el Litoral y en la

- Amazonía. (<https://www.revistalideres.ec/lideres/cacao-ecuatoriano-historia-empezo-siglo.html>: :text=Existen
- Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2019). *En quito se celebra el día mundial del cacao*. Ecuador celebró el Día Mundial del Cacao, mediante una articulación de los ministerios de Agricultura y Ganadería; Cultura y Patrimonio; y Turismo. (<https://www.agricultura.gob.ec/en-quito-se-celebra-el-dia-mundial-del-cacao/>)
- Moroto, S., Montoya, P., Gonzáles, D., Delgado, T., Arvelo, M., y Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). (2017). *Manual técnico del cultivo de cacao prácticas latinoamericanas*. San José.
- NQA. (2023). *Guía sobre la norma iso 22000*. (<https://www.nqa.com/es-es/resources/blog/february-2019/guide-to-iso-22000>)
- Oliveras, J. (2007). *La elaboración del chocolate, una técnica dulce y ecológica*. Tecnica industrial.
- Rueda, B., y Sanchez, P. (2015). *Diseño y construcción de un molino de discos para el acondicionamiento final de chocolate*. (<http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/10381>)
- Ríos, D. (2015). *Descripción de la diversidad entomológica asociada a la flor de theobroma cacao* ). Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito.
- Samaniego, S. (2019). *Gobernanza de la cadena de cacao en ecuador* . Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano.
- Sick. (2023). *Capacitive proximity sensors: Cm*. (<https://www.sick.com/us/en/catalog/products/detection-sensors/capacitive-proximity-sensors/cm/cm12-08ebp-kc1/p/p312838?tab=detail>)
- Suarez, D., y Villegas, E. (2019). *Evaluación de la adsorción del carbón obtenido del mesocarpio de cacao (theobroma cacao l.) modificado por ultrasonido*. Rev. Soc. Quím. Perú.
- Toapanta, R., y Rosero, A. (2008). *Diseño de una máquina separadora de la semilla del cacao* . Escuela Politécnica Nacional, Quito.
- Torres, C., y Quevedo, G. (2019). *Diseño y construcción de una máquina cortadora y despulpadora de cacao con una capacidad de 2400 mazorcas por hora para mejorar la productividad del agricultor* . Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba.
- Unique. (2012). *desarrollo de la trituradora de impacto en china*. (<http://www.stonecrusher.cn.com/es/faq/china-impact-crusher.html>)
- Volcano electronic. (2021). *24v 500w higher efficiency hallsensor bldc motor*. ([https://www.volcanomotor.com/products/24v500w\\_higher\\_efficiency\\_hallsensor\\_bldc\\_motor-en.html](https://www.volcanomotor.com/products/24v500w_higher_efficiency_hallsensor_bldc_motor-en.html))
- Watson, D. (2018). *Esp8266 pinout, datasheet, features applications*.

(<https://www.theengineeringprojects.com/2018/08/esp8266-pinout-datasheet-features-applications.html>)

Xunta de Galicia. (2019). *Sistema de polea y correa*.  
([https://descargas.intef.es/recursos\\_educativos/It\\_didac/CCNN/4/08/02\\_Maquinas.html](https://descargas.intef.es/recursos_educativos/It_didac/CCNN/4/08/02_Maquinas.html))

# **ANEXOS**



## 12.1. Anexo A

- InterPro -

### Análisis de Precios Unitarios

Código:  
 Descripción: Tolva  
 Cantidad 1

<b>COSTOS DIRECTOS</b>
------------------------

Equipo y herramienta							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Cortadora	Corte	10.00000	\$ 1.00	1.00000	\$ 10.00	41.86%
	Dobladora	Doblez	1.00000	\$ 1.00	1.00000	\$ 1.00	4.19%
	Soldadora	Hora	0.25000	\$ 3.50	1.00000	\$ 0.88	3.66%
Subtotal de Equipo:						\$ 11.88	49.71%

Materiales							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Plancha de acero inoxidable 304	m2	0.077	\$ 118.40	1.00000	\$ 9.13	38.21%
	Electrodo	-	4.000	\$ 0.28	1.00000	\$ 1.13	4.75%
Subtotal de Materiales:						\$ 10.26	42.96%

Transporte							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
Subtotal de Transporte:						0.00	0.00%

Mano de Obra							
Código	Descripción	Horas	Precio	Rendim.	Total	%	
	Soldador	0.25000	\$ 7.00	1.00000	\$ 1.75	7.33%	
Subtotal de Mano de Obra:						\$ 1.75	7.33%

Costo Directo Total: \$ 23.89

COSTOS INDIRECTOS		
	20 %	\$ 4.78
<b>Precio Unitario Total .....</b>		<b>\$ 28.67</b>

### Análisis de Precios Unitarios

**Código:**

**Descrip.:** Tolva

**Cantidad** 1

<b>COSTOS DIRECTOS</b>
------------------------

Equipo y herramienta							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Cortadora	Corte	10.00000	\$ 1.00	1.00000	\$ 10.00	41.86%
	Dobladora	Doblez	1.00000	\$ 1.00	1.00000	\$ 1.00	4.19%
	Soldadora	Hora	0.25000	\$ 3.50	1.00000	\$ 0.88	3.66%
Subtotal de Equipo:						\$ 11.88	49.71%

Materiales							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Plancha de acero inoxidable 304	m2	0.077	\$ 118.40	1.00000	\$ 9.13	38.21%
	Electrodo	-	4.000	\$ 0.28	1.00000	\$ 1.13	4.75%
Subtotal de Materiales:						\$ 10.26	42.96%

Transporte							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
Subtotal de Transporte:						0.00	0.00%

Mano de Obra							
Código	Descripción	Horas	Precio	Rendim.	Total	%	
	Soldador	0.25000	\$ 7.00	1.00000	\$ 1.75	7.33%	
Subtotal de Mano de Obra:						\$ 1.75	7.33%

Costo Directo Total: \$ 23.89

<b>COSTOS INDIRECTOS</b>
--------------------------

20 % \$ 4.78

<b>Precio Unitario Total .....</b>	<b>\$ 28.67</b>
------------------------------------	-----------------

**Son:**

## Análisis de Precios Unitarios

**Código:**

**Descrip.:** Base del motor

**Cantidad** 1

### COSTOS DIRECTOS

#### Equipo y herramienta

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Cortadora	Corte	13	\$ 1.00	1.00000	\$ 13.00	39.01%
Subtotal de Equipo:						\$ 13.00	39.01%

#### Materiales

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Plancha de acero inoxidable 304	m2	0.172	\$ 118.40	1.00000	\$ 20.33	60.99%
Subtotal de Materiales:						\$ 20.33	60.99%

#### Transporte

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
Subtotal de Transporte:						0.00	0.00%

#### Mano de Obra

Código	Descripción	Horas	Precio	Rendim.	Total	%
Subtotal de Mano de Obra:					0.00	0.00%

Costo Directo Total:                   \$ 33.33

### COSTOS INDIRECTOS

20 %                   \$ 6.67

<b>Precio Unitario Total .....</b>	<b>\$ 39.99</b>
------------------------------------	-----------------

**Son:**

## Análisis de Precios Unitarios

**Código:**

**Descrip.:** Grupo coberturas

**Cantidad** 1

### COSTOS DIRECTOS

#### Equipo y herramienta

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Cortadora	Corte	37.00000	\$ 1.00	1.00	\$ 37.00	63.22%
	Dobladora	Doblez	2.00000	\$ 1.00	1.00	\$ 2.00	3.42%
	Soldadora	Hora	0.25000	\$ 3.50	1.00	\$ 0.88	1.50%
Subtotal de Equipo:						\$ 39.88	68.13%

#### Materiales

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Plancha de acero inoxidable 304	m2	0.128	\$ 118.40	1.00	\$ 15.20	25.97%
	Electrodo	-	6.000	\$ 0.28	1.00	\$ 1.70	2.91%
Subtotal de Materiales:						\$ 16.90	28.88%

#### Transporte

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
Subtotal de Transporte:						0.00	0.00%

#### Mano de Obra

Código	Descripción	Horas	Precio	Rendim.	Total	%
	Soldador	0.25000	\$ 7.00	1.00000	\$ 1.75	2.99%
Subtotal de Mano de Obra:					\$ 1.75	2.99%

Costo Directo Total: \$ 58.53

### COSTOS INDIRECTOS

20 % \$ 11.71

<b>Precio Unitario Total .....</b>	<b>\$ 70.23</b>
------------------------------------	-----------------

**Son:**

## Análisis de Precios Unitarios

**Código:**

**Descrip.:** Cobertura Grande

**Cantidad** 1

### COSTOS DIRECTOS

#### Equipo y herramienta

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Cortadora	Corte	31.00000	\$ 1.00	1.00	\$ 31.00	44.60%
	Dobladora	Doblez	6.00000	\$ 1.00	1.00	\$ 6.00	8.63%
	Soldadora	Hora	0.25000	\$ 3.50	1.00	\$ 0.88	1.26%
Subtotal de Equipo:						\$ 37.88	54.49%

#### Materiales

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Plancha de acero inoxidable 304	m2	0.238	\$ 118.40	1.00	\$ 28.18	40.55%
	Electrodo	-	6.000	\$ 0.28	1.00	\$ 1.70	2.45%
Subtotal de Materiales:						\$ 29.89	42.99%

#### Transporte

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
Subtotal de Transporte:						0.00	0.00%

#### Mano de Obra

Código	Descripción	Horas	Precio	Rendim.	Total	%
	Soldador	0.25000	\$ 7.00	1.00000	\$ 1.75	2.52%
Subtotal de Mano de Obra:					\$ 1.75	2.52%

Costo Directo Total: \$ 69.51

### COSTOS INDIRECTOS

20 % \$ 13.90

<b>Precio Unitario Total .....</b>	<b>\$ 83.41</b>
------------------------------------	-----------------

**Son:**

## Análisis de Precios Unitarios

**Código:**

**Descrip.:** Rodillos

**Cantidad** 2

### COSTOS DIRECTOS

#### Equipo y herramienta

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Tronsadora	Corte	4.00000	\$ 2.00	1.00	\$ 8.00	12.82%
	Torno	Hora	0.50000	\$ 5.00	1.00	\$ 2.50	4.01%
	Soldadora	Hora	0.25000	\$ 3.50	1.00	\$ 0.88	1.40%
Subtotal de Equipo:						\$ 11.38	18.23%

#### Materiales

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Plancha de acero inoxidable 304	m2	0.016	\$ 118.40	1.00	\$ 1.92	3.08%
	Tubo de 4 pulgadas	m	0.360	\$ 102.56	1.00	\$ 36.92	59.17%
	Eje de 1 pulgada	m	0.168	\$ 25.61	1.00	\$ 4.30	6.89%
	Electrodo 308	-	4.000	\$ 0.28	1.00	\$ 1.13	1.82%
Subtotal de Materiales:						\$ 44.28	70.95%

#### Transporte

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
Subtotal de Transporte:						0.00	0.00%

#### Mano de Obra

Código	Descripción	Horas	Precio	Rendim.	Total	%
	Soldador	0.25000	\$ 7.00	1.00000	\$ 1.75	2.80%
	Tornero	0.50000	\$ 10.00	1.00000	\$ 5.00	8.01%
Subtotal de Mano de Obra:					\$ 6.75	10.82%

Costo Directo Total: \$ 62.40

### COSTOS INDIRECTOS

20 % \$ 12.48

<b>Precio Unitario Total .....</b>	<b>\$ 74.88</b>
------------------------------------	-----------------

**Son:**

## Análisis de Precios Unitarios

**Código:**

**Descrip.:** Estructura

**Cantidad** 1

<b>COSTOS DIRECTOS</b>
------------------------

Equipo y herramienta							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Tronsadora	Corte	14.00	\$ 1.00	1.00	\$ 14.00	6.96%
	Taladrado	Agujero	26.00	\$ 1.00	1.00	\$ 26.00	12.92%
	Soldadora	Hora	2.00	\$ 3.50	1.00	\$ 7.00	3.48%
Subtotal de Equipo:						\$ 47.00	23.36%

Materiales							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Tubo rectangular de 2 x 1 in	m	6.424	\$ 21.12	1.00	\$ 135.66	67.43%
	Electrodo 308	-	16.000	\$ 0.28	1.00	\$ 4.54	2.25%
Subtotal de Materiales:						\$ 140.20	69.68%

Transporte							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
Subtotal de Transporte:						0.00	0.00%

Mano de Obra							
Código	Descripción	Horas	Precio	Rendim.	Total	%	
	Soldador	2.00000	\$ 7.00	1.00000	\$ 14.00	6.96%	
Subtotal de Mano de Obra:						\$ 14.00	6.96%

Costo Directo Total: \$ 201.20

<b>COSTOS INDIRECTOS</b>
--------------------------

20 % \$ 40.24

<b>Precio Unitario Total .....</b>	<b>\$ 241.43</b>
------------------------------------	------------------

**Son:**

## Análisis de Precios Unitarios

**Código:**

**Descrip.:** Tolva de salida

**Cantidad** 1

### COSTOS DIRECTOS

#### Equipo y herramienta

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Crotadora	Corte	21.00	\$ 1.00	1.00	\$ 21.00	56.12%
	Soldadora	Hora	0.25	\$ 3.50	1.00	\$ 0.88	2.34%
Subtotal de Equipo:						\$ 21.88	58.46%

#### Materiales

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Plancha de acero inoxidable 304	m2	0.102	\$ 118.40	1.00	\$ 12.09	32.31%
	Electrodo 308	-	6.000	\$ 0.28	1.00	\$ 1.70	4.55%
Subtotal de Materiales:						\$ 13.79	36.86%

#### Transporte

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
Subtotal de Transporte:						0.00	0.00%

#### Mano de Obra

Código	Descripción	Horas	Precio	Rendim.	Total	%	
	Soldador	0.25000	\$ 7.00	1.00000	\$ 1.75	4.68%	
Subtotal de Mano de Obra:						\$ 1.75	4.68%

Costo Directo Total: \$ 37.42

### COSTOS INDIRECTOS

20 % \$ 7.48

<b>Precio Unitario Total .....</b>	<b>\$ 44.90</b>
------------------------------------	-----------------

**Son:**



## Análisis de Precios Unitarios

**Código:**

**Descrip.:** Guia del resorte

**Catidad** 1

<b>COSTOS DIRECTOS</b>
------------------------

Equipo y herramienta							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Tronsadora	Corte	8.00	\$ 2.00	1.00	\$ 16.00	56.45%
	Soldadora	Hora	1.00	\$ 3.50	1.00	\$ 3.50	12.35%
Subtotal de Equipo:						\$ 19.50	68.79%

Materiales							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Tubo redondo 30mm	m	0.080	\$ 8.89	1.00	\$ 0.71	2.51%
	Electrodo 308	-	4.000	\$ 0.28	1.00	\$ 1.13	4.00%
Subtotal de Materiales:						\$ 1.85	6.51%

Transporte							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
Subtotal de Transporte:						0.00	0.00%

Mano de Obra							
Código	Descripción	Horas	Precio	Rendim.	Total	%	
	Soldador	1.00000	\$ 7.00	1.00000	\$ 7.00	24.70%	
Subtotal de Mano de Obra:						\$ 7.00	24.70%

Costo Directo Total: \$ 28.35

<b>COSTOS INDIRECTOS</b>
--------------------------

20 % \$ 5.67

<b>Precio Unitario Total .....</b>	<b>\$ 34.01</b>
------------------------------------	-----------------

**Son:**

## Análisis de Precios Unitarios

**Código:**

**Descrip.:** Vibrador

**Cantidad** 1

### COSTOS DIRECTOS

#### Equipo y herramienta

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Cortadora laser	Hora	1.00	\$ 20.00	1.00	\$ 20.00	93.36%
	Taladro	Agujero	1.00	\$ 1.00	1.00	\$ 1.00	4.67%
						\$ -	0.00%
Subtotal de Equipo:						\$ 21.00	98.03%

#### Materiales

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Plancha de acero inoxidable 304	m2	0.001	\$ 296.00	1.00	\$ 0.42	1.97%
Subtotal de Materiales:						\$ 0.42	1.97%

#### Transporte

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
Subtotal de Transporte:						0.00	0.00%

#### Mano de Obra

Código	Descripción	Horas	Precio	Rendim.	Total	%	
Subtotal de Mano de Obra:						\$ -	0.00%

Costo Directo Total: \$ 21.42

### COSTOS INDIRECTOS

20 % \$ 4.28

<b>Precio Unitario Total .....</b>	<b>\$ 25.71</b>
------------------------------------	-----------------

## Análisis de Precios Unitarios

**Código:**

**Descrip.:** Sotenedor del motor

**Cantidad** 1

### COSTOS DIRECTOS

#### Equipo y herramienta

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Cortadora	Corte	4.00	\$ 1.00	1.00	\$ 4.00	30.70%
	Taladro	Agujero	5.00	\$ 1.00	1.00	\$ 5.00	38.37%
	Soldadora	Hora	0.25	\$ 3.50		\$ 0.88	6.71%
Subtotal de Equipo:						\$ 9.88	75.78%

#### Materiales

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Plancha de acero inoxidable 304	m2	0.012	\$ 118.40	1.00	\$ 1.41	10.79%
Subtotal de Materiales:						\$ 1.41	10.79%

#### Transporte

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
Subtotal de Transporte:						0.00	0.00%

#### Mano de Obra

Código	Descripción	Horas	Precio	Rendim.	Total	%	
	Soldador	0.25000	\$ 7.00	1.00000	\$ 1.75	13.43%	
Subtotal de Mano de Obra:						\$ 1.75	13.43%

Costo Directo Total: \$ 13.03

### COSTOS INDIRECTOS

20 % \$ 2.61

<b>Precio Unitario Total .....</b>	<b>\$ 15.64</b>
------------------------------------	-----------------



## Análisis de Precios Unitarios

**Código:**

**Descrip.:** Zaranda

**Cantidad**

<b>COSTOS DIRECTOS</b>
------------------------

Equipo y herramienta							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Cortadora	Corte	11.00	\$ 1.00	1.00	\$ 11.00	22.37%
	Dobladora	Doblez	13.00	\$ 1.00	1.00	\$ 13.00	26.44%
	Soldadora	Hora	1.00	\$ 3.50		\$ 3.50	7.12%
Subtotal de Equipo:						\$ 27.50	55.93%

Materiales							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Plancha de acero inoxidable 304	m2	0.105	\$ 118.40	1.00	\$ 12.43	25.28%
	Electrodo 308	-	8.000	\$ 0.28	1.00	\$ 2.24	4.56%
Subtotal de Materiales:						\$ 14.67	29.84%

Transporte							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
Subtotal de Transporte:						0.00	0.00%

Mano de Obra							
Código	Descripción	Horas	Precio	Rendim.	Total	%	
	Soldador	1.00000	\$ 7.00	1.00000	\$ 7.00	14.24%	
Subtotal de Mano de Obra:						\$ 7.00	14.24%

Costo Directo Total: \$ 49.17

<b>COSTOS INDIRECTOS</b>
--------------------------

20 % \$ 9.83

<b>Precio Unitario Total .....</b>	<b>\$ 59.00</b>
------------------------------------	-----------------

## Análisis de Precios Unitarios

**Código:**

**Descrip.:** Brazo

**Cantidad**

### COSTOS DIRECTOS

#### Equipo y herramienta

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Cortadora	Corte	7.00	\$ 1.00	1.00	\$ 7.00	33.15%
	Taladro	Agujero	8.00	\$ 0.50	1.00	\$ 4.00	18.94%
	Dobladora	Doblez	2.00	\$ 1.00	1.00	\$ 2.00	9.47%
	Soldadora	Hora	0.25	\$ 3.50	1.00	\$ 0.88	4.14%
Subtotal de Equipo:						\$ 13.88	65.71%

#### Materiales

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Tubo rectangular de 2 x 1 in	m	0.191	\$ 21.12	1.00	\$ 4.04	19.14%
	Plancha de acero inoxidable 304	m2	0.003	\$ 118.40	1.00	\$ 0.33	1.56%
	Electrodo 308	-	4.000	\$ 0.28	1.00	\$ 1.12	5.30%
Subtotal de Materiales:						\$ 5.49	26.01%

#### Transporte

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
Subtotal de Transporte:						0.00	0.00%

#### Mano de Obra

Código	Descripción	Horas	Precio	Rendim.	Total	%	
	Soldador	0.25000	\$ 7.00	1.00000	\$ 1.75	8.29%	
Subtotal de Mano de Obra:						\$ 1.75	8.29%

Costo Directo Total:                   \$ 21.12

### COSTOS INDIRECTOS

20 %                   \$ 4.22

<b>Precio Unitario Total .....</b>	<b>\$ 25.34</b>
------------------------------------	-----------------

## Análisis de Precios Unitarios

**Código:**

**Descrip.:** Riel del tensor

**Cantidad**

<b>COSTOS DIRECTOS</b>
------------------------

Equipo y herramienta							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Cortadora laser	Hora	1.00	\$ 20.00	1.00	\$ 20.00	72.81%
	Dobladora	Doblez	4.00	\$ 1.00	1.00	\$ 4.00	14.56%
	Soldadora	Hora	0.25	\$ 3.50	1.00	\$ 0.88	3.19%
Subtotal de Equipo:						\$ 24.88	90.56%

Materiales							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Plancha de acero inoxidable 304	m2	0.013	\$ 21.12	1.00	\$ 0.28	1.03%
	Electrodo 308	-	2.000	\$ 0.28	1.00	\$ 0.56	2.04%
Subtotal de Materiales:						\$ 0.84	3.07%

Transporte							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
Subtotal de Transporte:						0.00	0.00%

Mano de Obra							
Código	Descripción	Horas	Precio	Rendim.	Total	%	
	Soldador	0.25000	\$ 7.00	1.00000	\$ 1.75	6.37%	
Subtotal de Mano de Obra:						\$ 1.75	6.37%

Costo Directo Total:                   \$   27.47

<b>COSTOS INDIRECTOS</b>
--------------------------

20 %                   \$   5.49

Precio Unitario Total .....	<b>\$ 32.96</b>
-----------------------------	-----------------

## Análisis de Precios Unitarios

**Código:**

**Descrip.:** Pared del Motor

**Cantidad**

### COSTOS DIRECTOS

#### Equipo y herramienta

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Cortadora	Corte	2.00	\$ 1.00	1.00	\$ 2.00	8.48%
	Taladro	Agujero	5.00	\$ 0.50	1.00	\$ 2.50	10.60%
	Soldadora	Hora	1.00	\$ 3.50	1.00	\$ 3.50	14.84%
Subtotal de Equipo:						\$ 8.00	33.93%

#### Materiales

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Plancha de acero inoxidable 304	m2	0.063	\$ 118.40	1.00	\$ 7.46	31.63%
	Electrodo 308	-	4.000	\$ 0.28	1.00	\$ 1.12	4.75%
Subtotal de Materiales:						\$ 8.58	36.38%

#### Transporte

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
Subtotal de Transporte:						0.00	0.00%

#### Mano de Obra

Código	Descripción	Horas	Precio	Rendim.	Total	%
	Soldador	1.00	\$ 7.00	1.00000	\$ 7.00	29.69%
Subtotal de Mano de Obra:					\$ 7.00	29.69%

Costo Directo Total:                   \$   23.58

### COSTOS INDIRECTOS

20 %                   \$   4.72

<b>Precio Unitario Total</b>	<b>\$ 28.29</b>
------------------------------	-----------------



## Análisis de Precios Unitarios

**Código:**

**Descrip.:** Soporte de catalinas

**Cantidad**

### COSTOS DIRECTOS

#### Equipo y herramienta

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Cortadora	Corte	2.00	\$ 1.00	1.00	\$ 2.00	12.47%
	Tronsadora	Corte	1.00	\$ 2.00	1.00	\$ 2.00	12.47%
	Soldadora	Hora	1.00	\$ 3.50	1.00	\$ 3.50	21.82%
Subtotal de Equipo:						\$ 7.50	46.75%

#### Materiales

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
	Plancha de acero inoxidable 304	m2	0.004	\$ 118.40	1.00	\$ 0.43	2.66%
	Eje de 1 pulgada	m	0.033	\$ 25.61	1.00	\$ 0.84	5.22%
	Electrodo 308	-	1.000	\$ 0.28	1.00	\$ 0.28	1.75%
Subtotal de Materiales:						\$ 1.54	9.62%

#### Transporte

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
Subtotal de Transporte:						0.00	0.00%

#### Mano de Obra

Código	Descripción	Horas	Precio	Rendim.	Total	%	
	Soldador	1.00	\$ 7.00	1.00000	\$ 7.00	43.63%	
Subtotal de Mano de Obra:						\$ 7.00	43.63%

Costo Directo Total: \$ 16.04

### COSTOS INDIRECTOS

20 % \$ 3.21

<b>Precio Unitario Total .....</b>	<b>\$ 19.25</b>
------------------------------------	-----------------

<b>Elemento</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Costo total</b>	<b>Porcentaje</b>
Tolva	1	\$ 28.67	\$ 28.67	2%
Base del motor	1	\$ 39.99	\$ 39.99	3%
Grupo coberturas	1	\$ 70.23	\$ 70.23	5%
Cobertura Grande	1	\$ 83.41	\$ 83.41	6%
Rodillos	2	\$ 74.88	\$ 149.76	11%
Estructura	1	\$ 241.33	\$ 241.33	17%
Guia del resorte	1	\$ 34.01	\$ 34.01	2%
Tolva de salida	1	\$ 44.90	\$ 44.90	3%
Vibrador	1	\$ 25.71	\$ 25.71	2%
Sotenedor del motor	1	\$ 15.64	\$ 15.64	1%
Riel (4)	1	\$ 46.84	\$ 46.84	3%
Zaranda	1	\$ 59.00	\$ 59.00	4%
Brazo	1	\$ 25.34	\$ 25.34	2%
Riel del tensor	1	\$ 32.96	\$ 32.96	2%
Pared del Motor	1	\$ 28.29	\$ 28.29	2%
Soporte de catalinas	1	\$ 19.25	\$ 19.25	1%
<b>Total elementos manufacturados</b>		\$ 870.45	\$ 945.33	\$ 0.67
Motor dc	2	\$ 126.07	\$ 252.14	18%
Manija	2	\$ 3.00	\$ 6.00	0%
Chumacera lineal	4	\$ 15.00	\$ 60.00	4%
Base de la pata	4	\$ 0.50	\$ 2.00	0%
Catalina grande	2	\$ 16.26	\$ 32.52	2%
Catalina mediana	2	\$ 11.15	\$ 22.30	2%
Catalina pequeña	1	\$ 5.98	\$ 5.98	0%
Rodamientos	4	\$ 5.58	\$ 22.32	2%
Esp8266	1	\$ 8.00	\$ 8.00	1%
Fuente 24v	1	\$ 24.00	\$ 24.00	2%
Cadena	1	\$ 20.00	\$ 20.00	1%
Anillos segger	2	\$ 0.10	\$ 0.20	0%
<b>Total elementos Comprados</b>		\$ 235.64	\$ 455.46	33%
<b>Total</b>			\$ 1,400.79	100%

## 12.2. Anexo B

### Código de la maquina trituradora de cacao

```
include <Wire.h>// libreria para bus I2C
include <Adafruit_GFX.h>// libreria para pantallas graficas
include <Adafruit_SSD1306.h>// libreria para controlador SSD1306

define ANCHO 64 // reemplaza ocurrencia de ANCHO por 128
define ALTO 48 // reemplaza ocurrencia de ALTO por 64

define OLED_RESET -1 // necesario por la libreria pero no usado
Adafruit_SSD1306 oled(ANCHO, ALTO, &Wire, OLED_RESET); // crea objeto

int boton = 3;
int sensora = 4;
int sensorb = 5;
int motv = 6;
int mott = 7;
int botons = 8;

void setup()
Wire.begin(); // inicializa bus I2C
oled.begin(SSD1306_SMOOTHING,0x3C); //inicializa pantalla con direccion 0x3C
pinMode(boton,INPUT);
pinMode(sensora,INPUT);
pinMode(sensorb,INPUT);
pinMode(motv,OUTPUT);
pinMode(mott,OUTPUT);
pinMode(botons,INPUT);

oled.clearDisplay(); // limpia pantalla
oled.setTextColor(WHITE); // establece color al unico disponible (pantalla monocromo)
oled.setCursor(0, 0); // ubica cursor en inicio de coordenadas 0,0
oled.setTextSize(1); // establece tamaño de texto en 1
oled.print("Iniciando");
```

```
oled.display(); // muestra en pantalla todo lo establecido anteriormente
```

```
void loop()  
while (sensorb == LOW)  
oled.clearDisplay();  
oled.setCursor(0, 0);  
oled.print("Inserte cacao");  
oled.display();
```

```
if (digitalRead(boton) == HIGH)  
while (digitalRead(sensorb) == HIGH && digitalRead(boton) == HIGH)  
analogWrite(motv, 255);  
analogWrite(mott, 255);  
oled.clearDisplay();  
oled.setCursor(0, 0);  
oled.print("Triturando");  
oled.display();
```

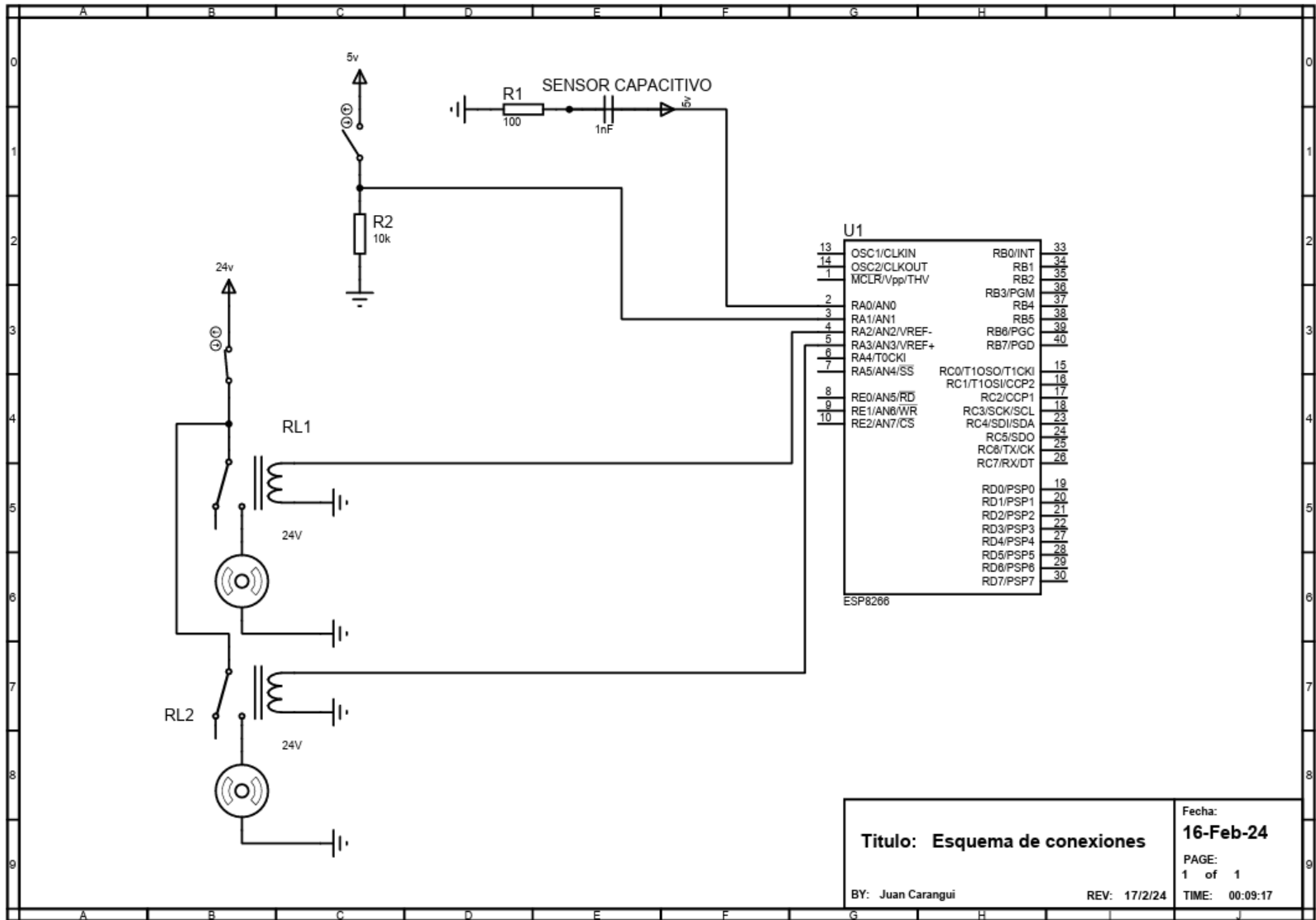
```
if (digitalRead(boton) == HIGH)  
delay(60000);  
analogWrite(motv, 0);  
analogWrite(mott, 0);
```

```
analogWrite(motv, 0);  
analogWrite(mott, 0);
```

```
oled.clearDisplay();  
oled.setCursor(0, 0);  
oled.print("Trituracion finalizada");  
oled.display();
```

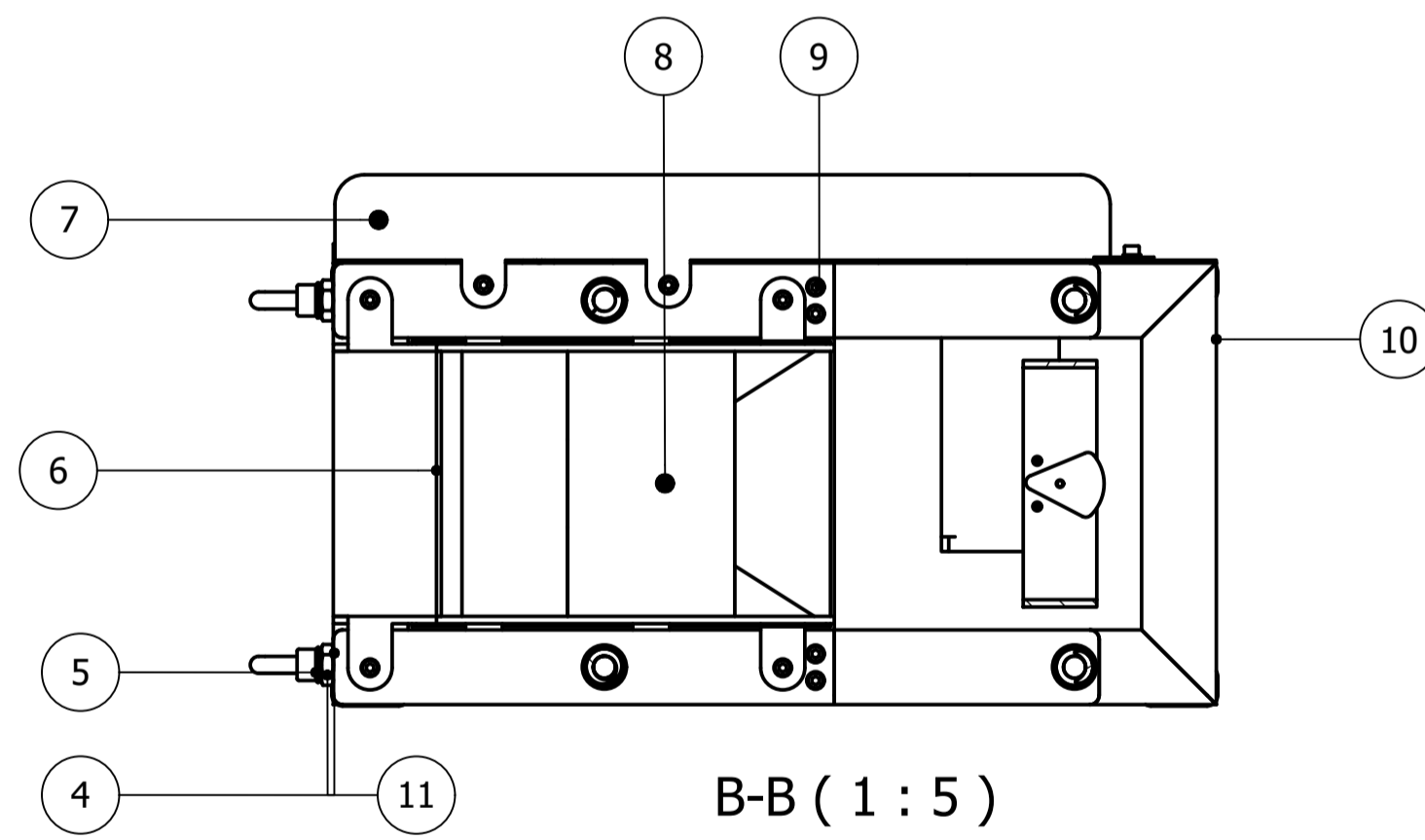
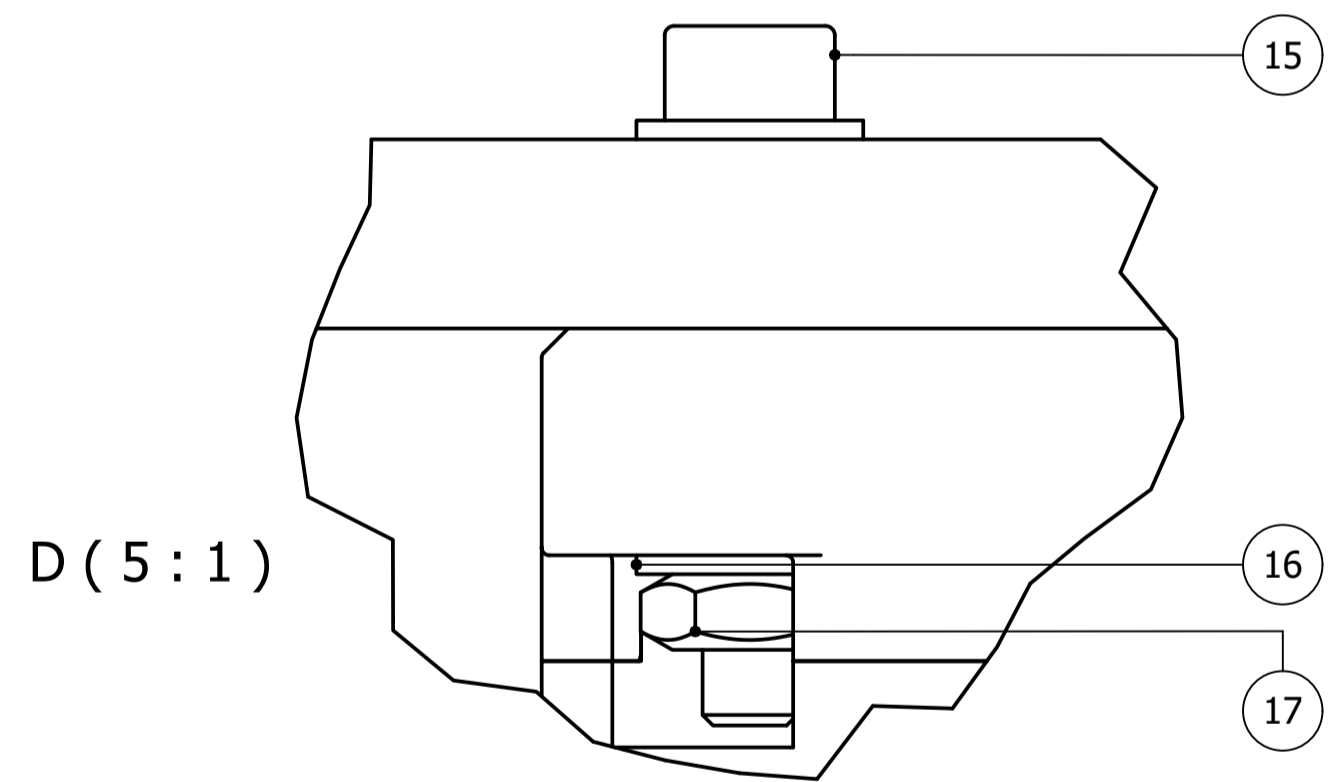
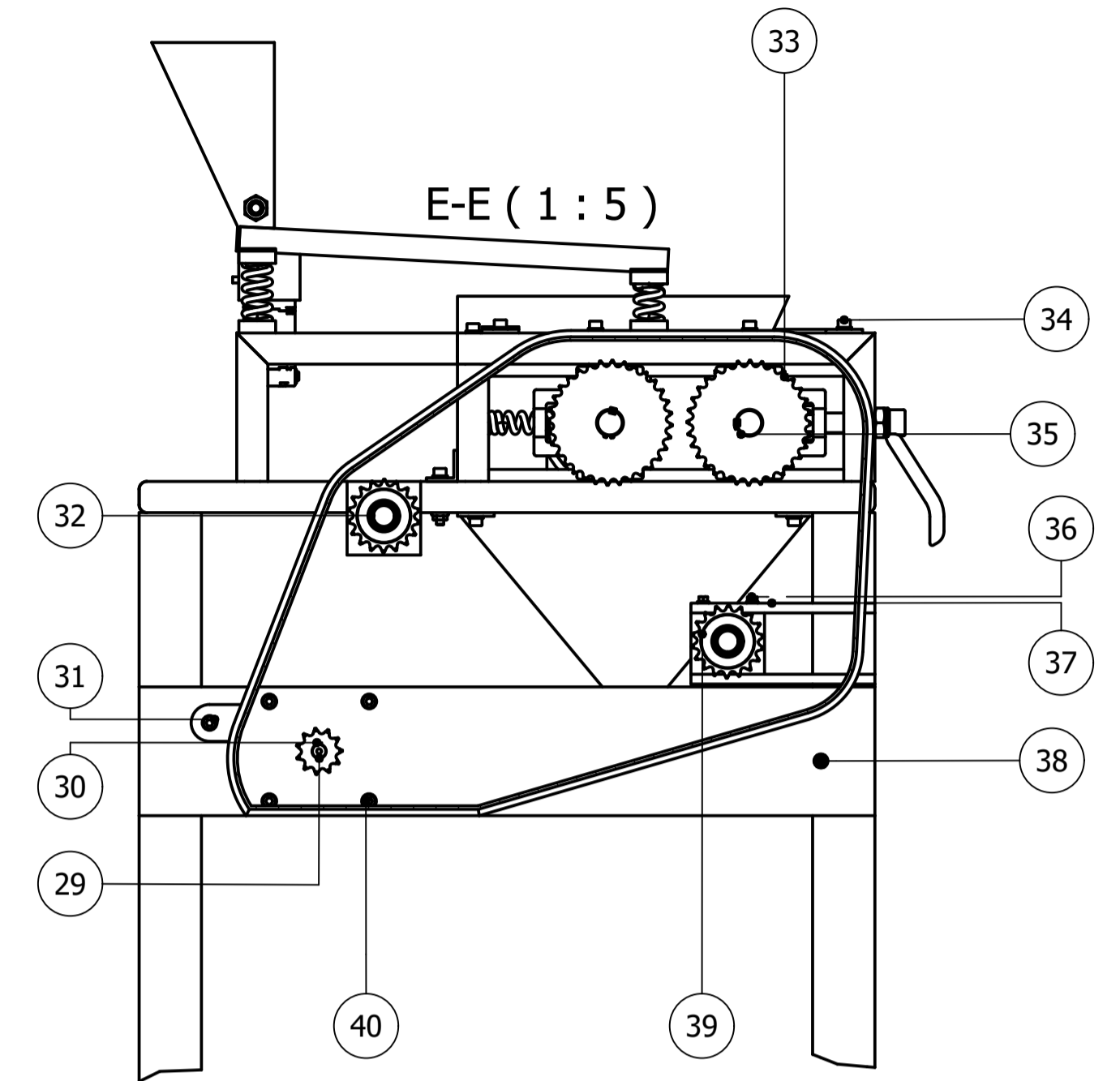
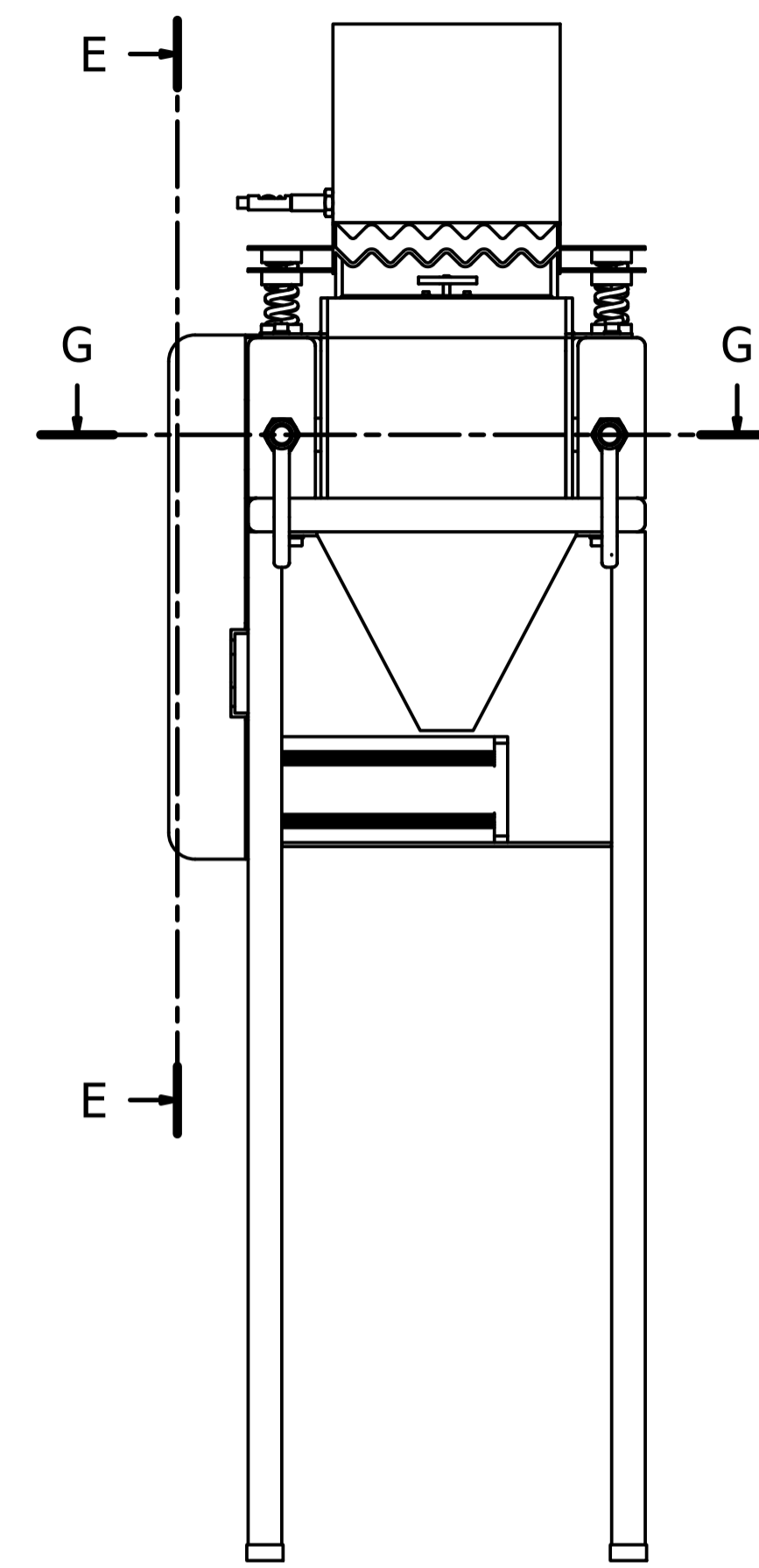
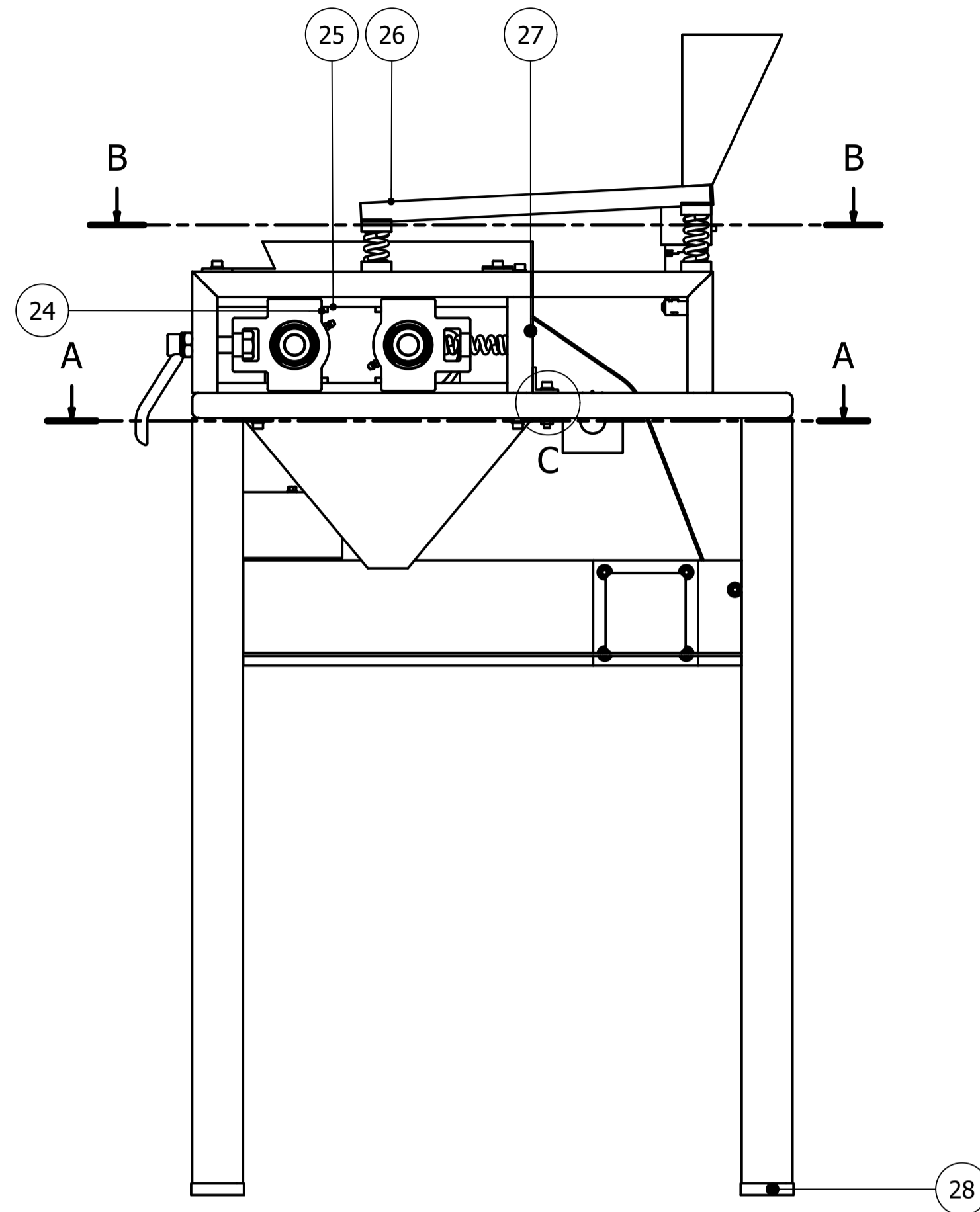
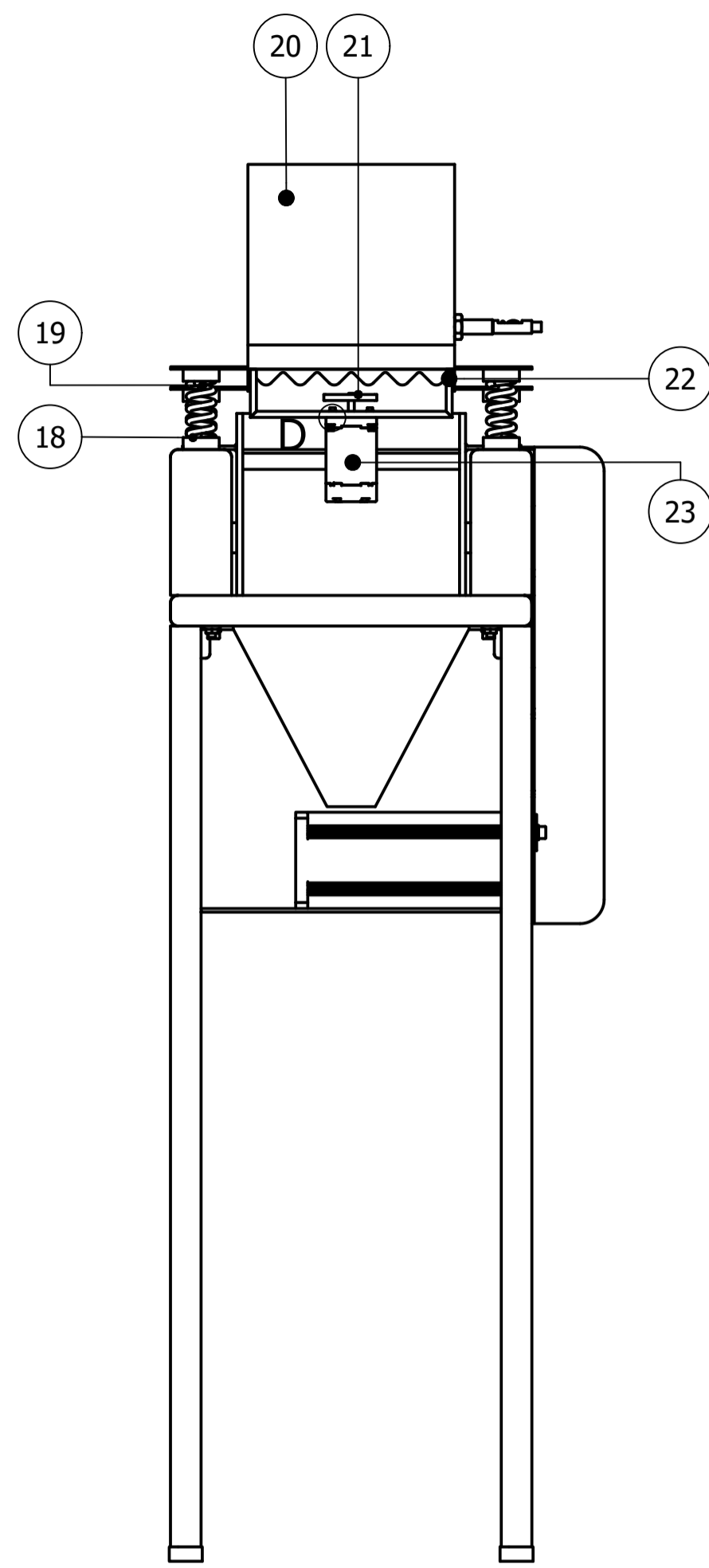
### 12.3. Anexo C

79

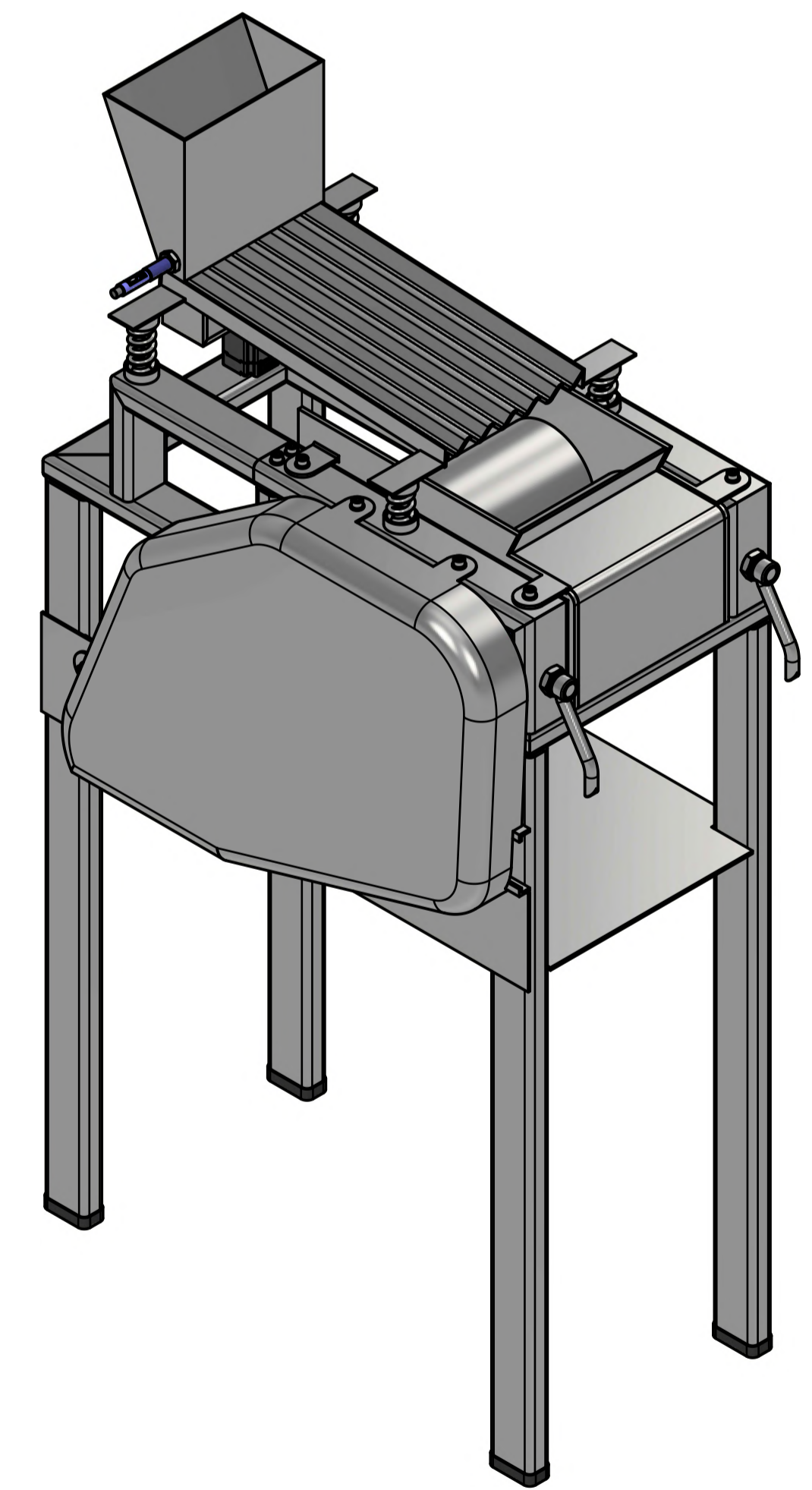
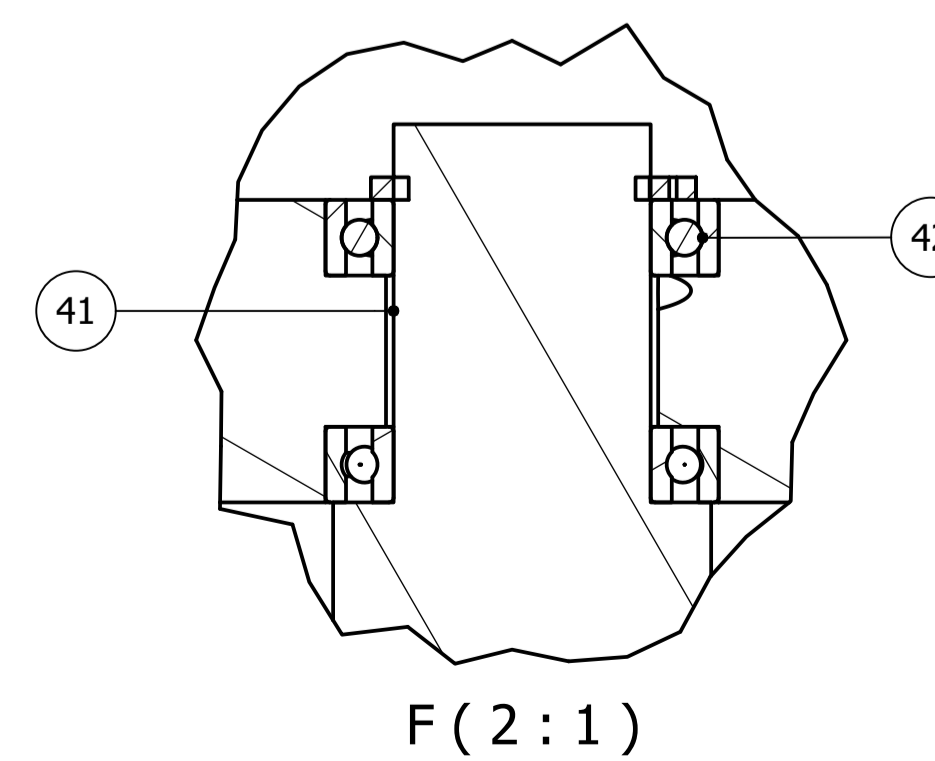
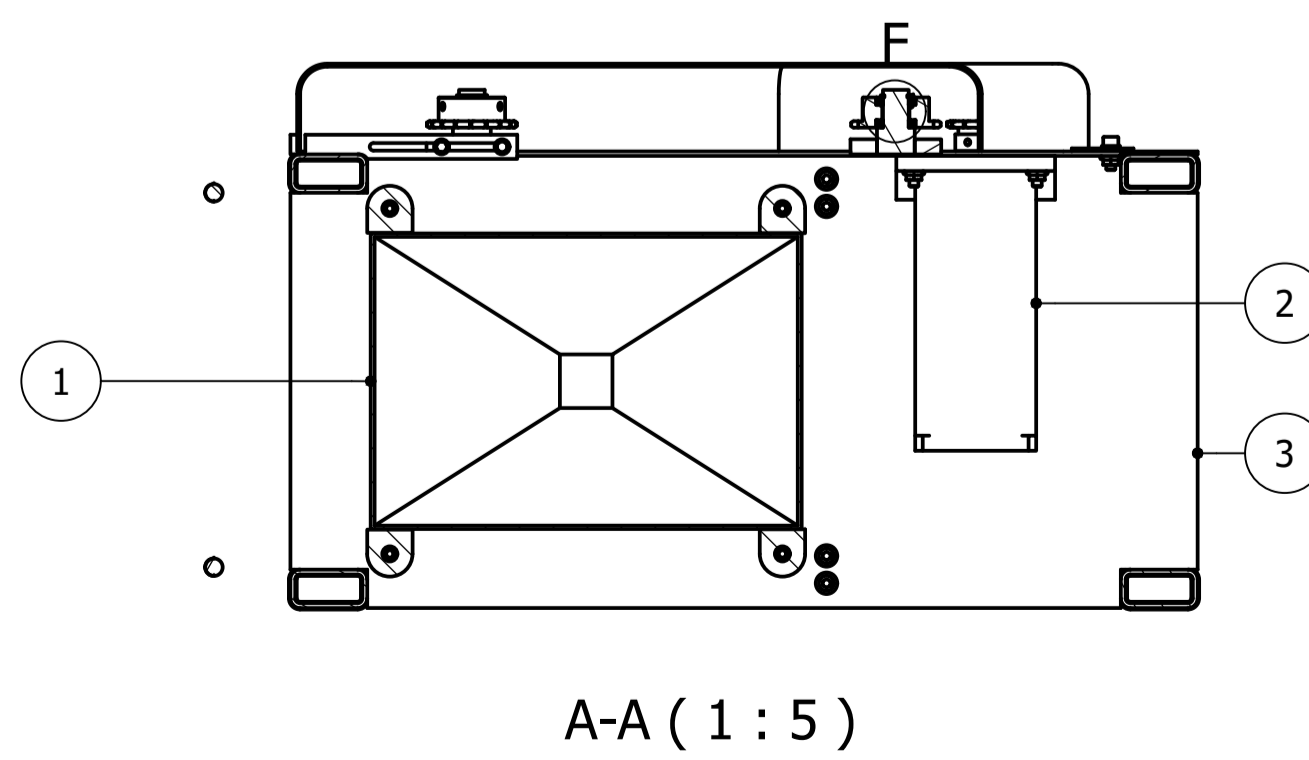
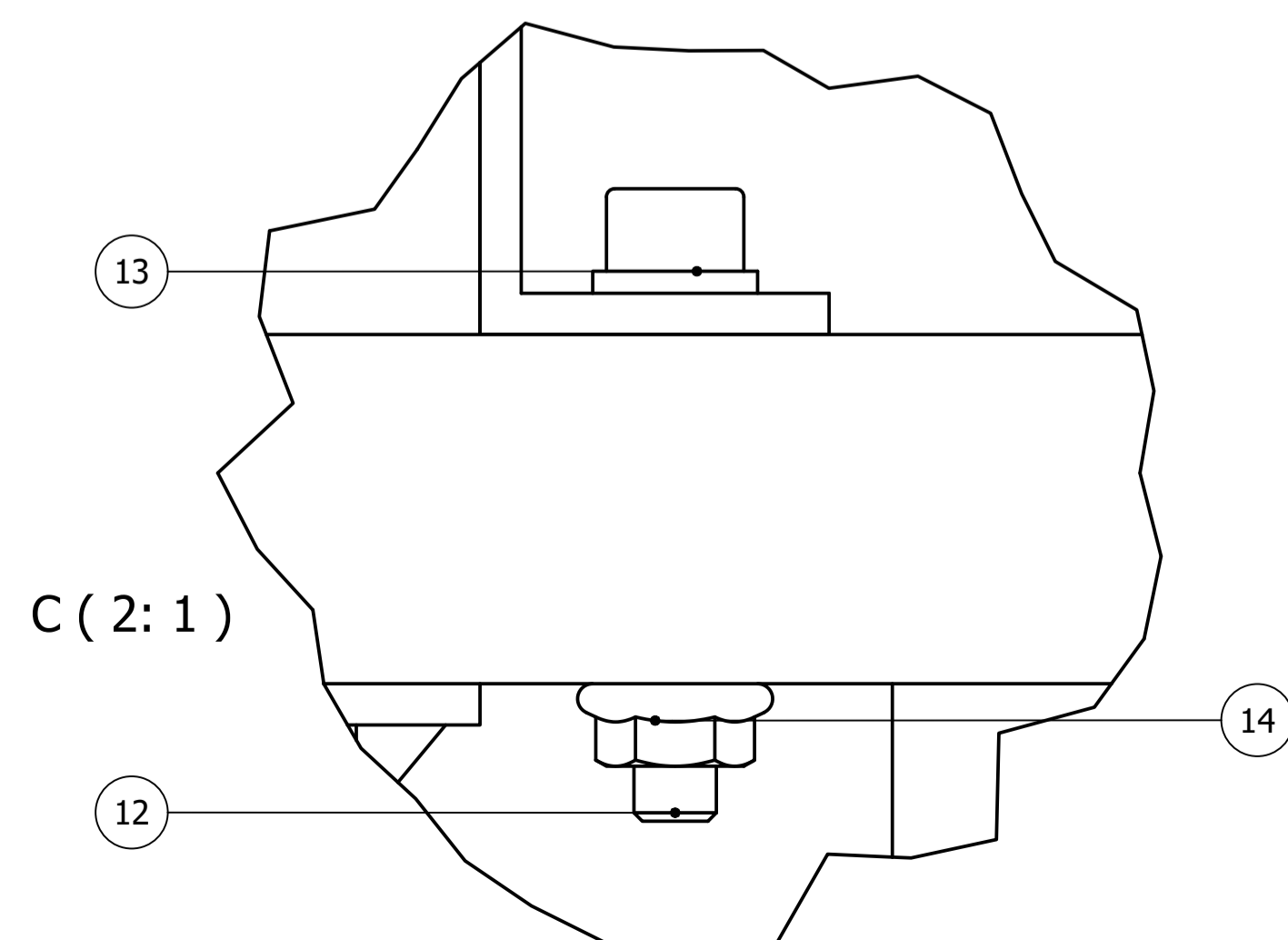
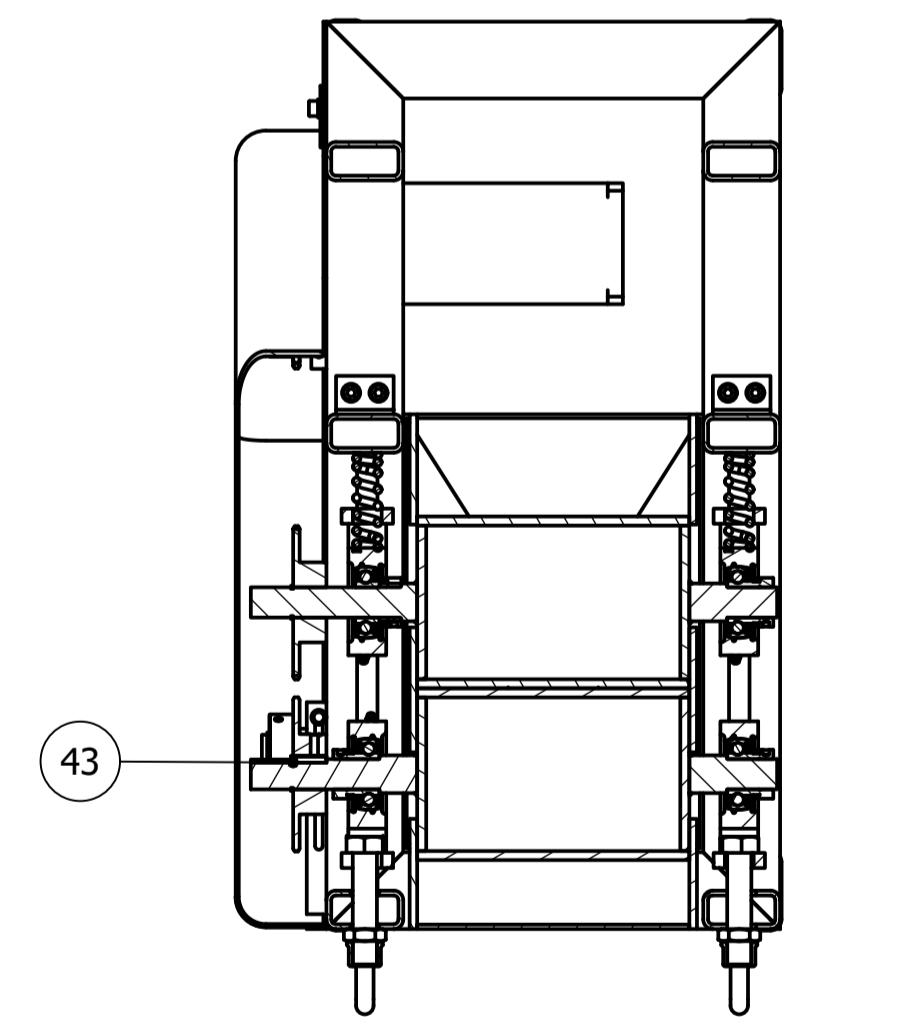


**Título: Esquema de conexiones**  
**Fecha: 16-Feb-24**  
 PAGE: 1 of 1  
 BY: Juan Carangui REV: 17/2/24 TIME: 00:09:17

**12.4. Anexo D**



G-G (1:5)

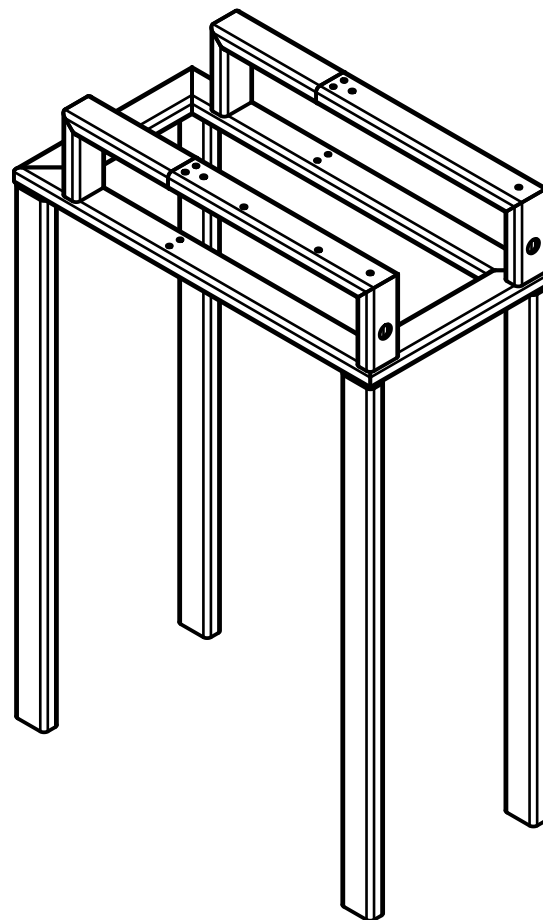
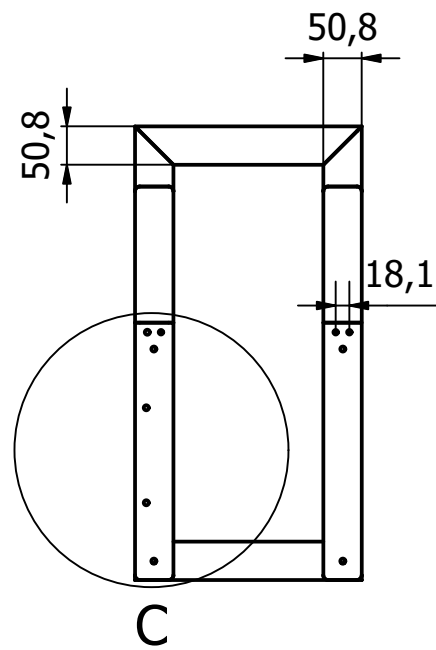
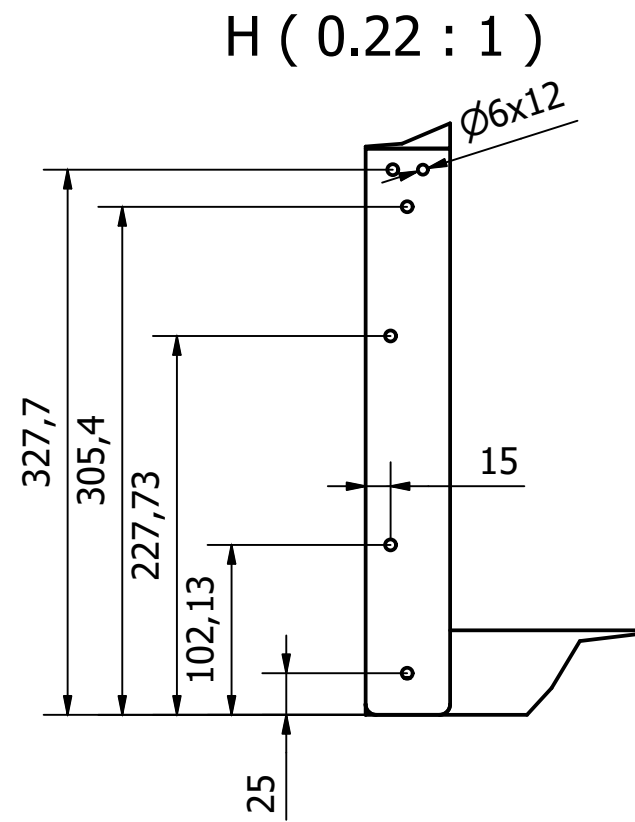
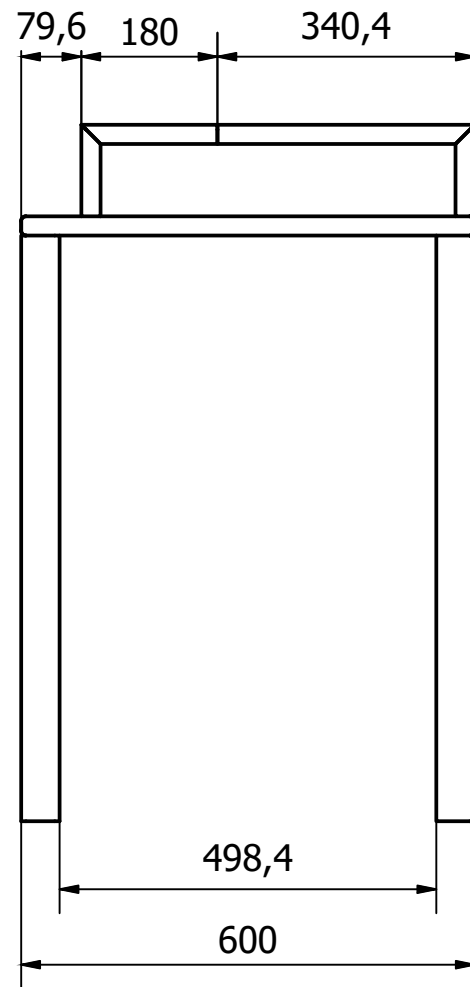
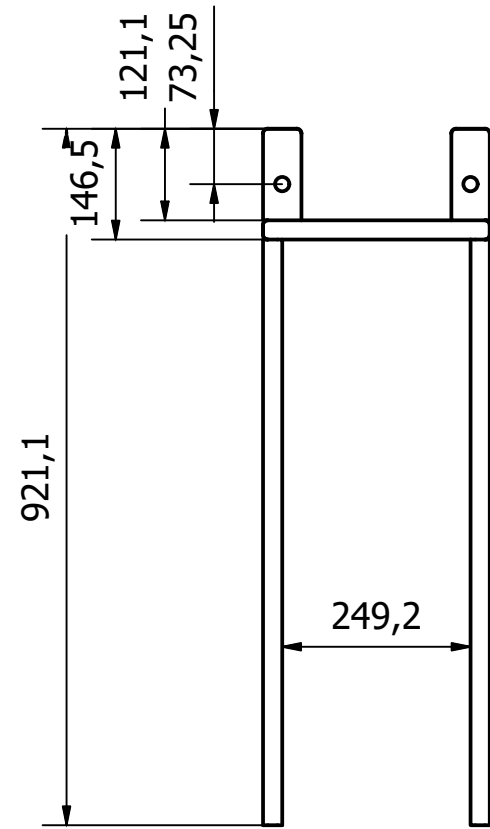


Pos.	Cant.	Denominación	Material	Norma	Notas
1		Maquina trituradora de cacao	Varios materiales	SAE 1018	
VIII CICLO		Fecha	Nombre	 <b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b> SEDE MATRIZ CUENCA INGENIERIAS Carrera de Ingeniería Mecánica	
Dibujado		23/01/24	Juan Caranguí		
Comprobado		16/02/24	Ing. E. Cárdenas		
Integración Curricular					
Escala:	Tol. gen.:	Conjunto:			
1:5	ISO 2768-m				
Lámina:	CAV01	<b>Maquina trituradora de cacao</b>			

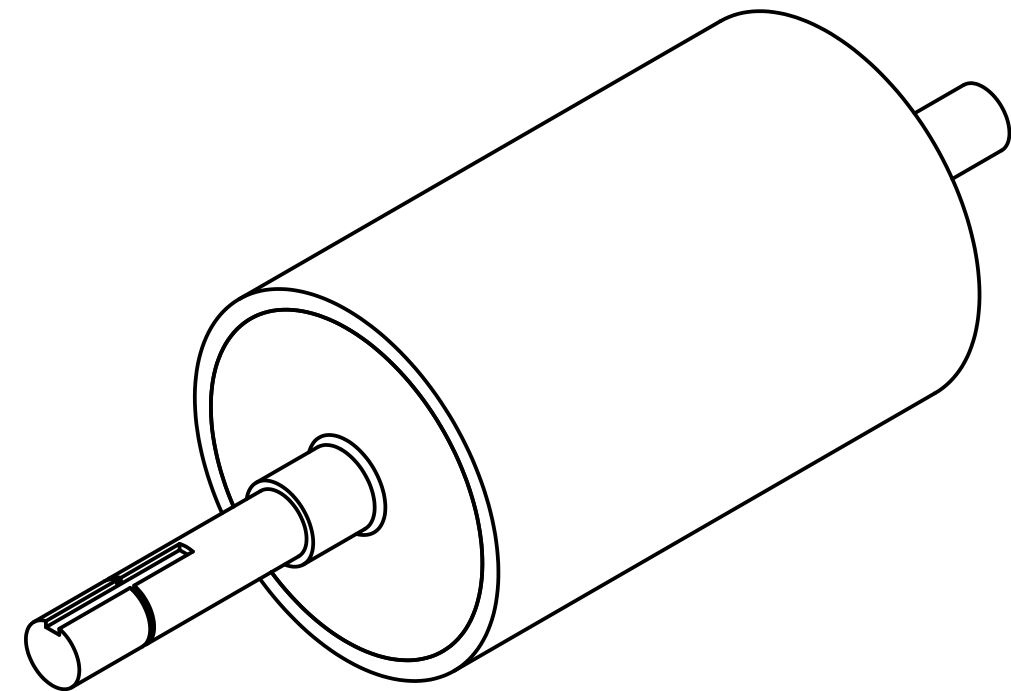
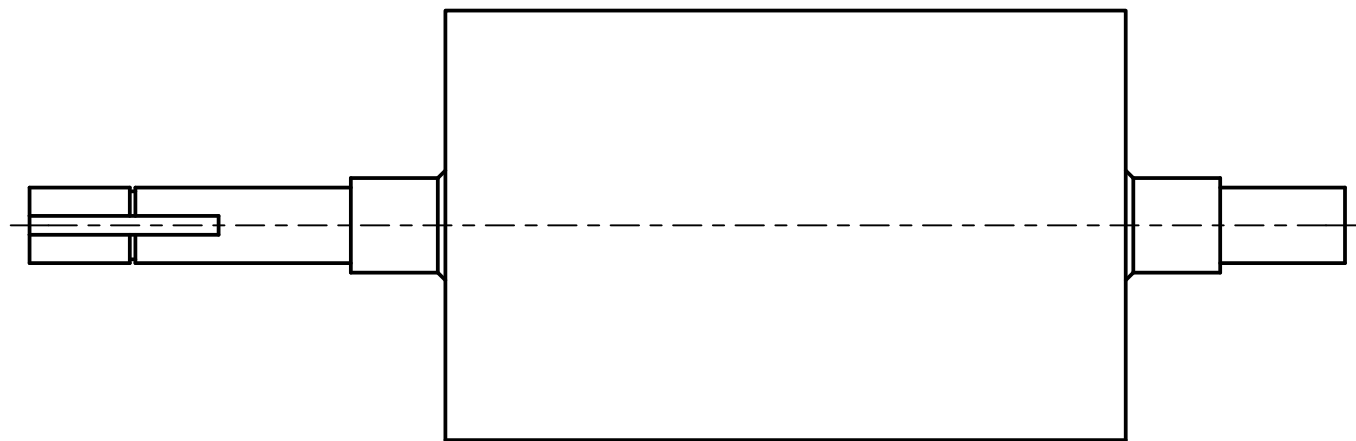
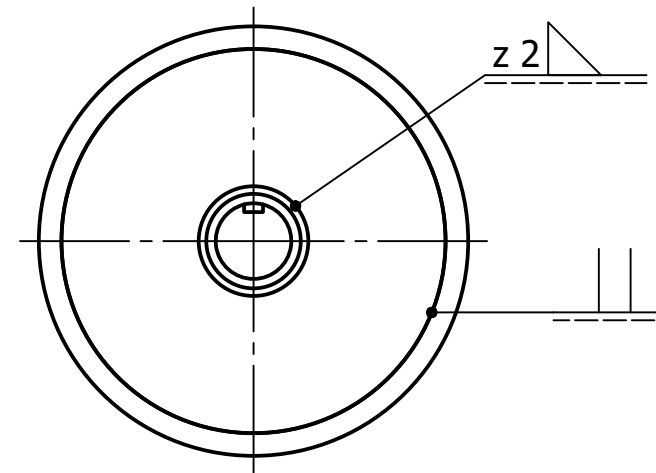
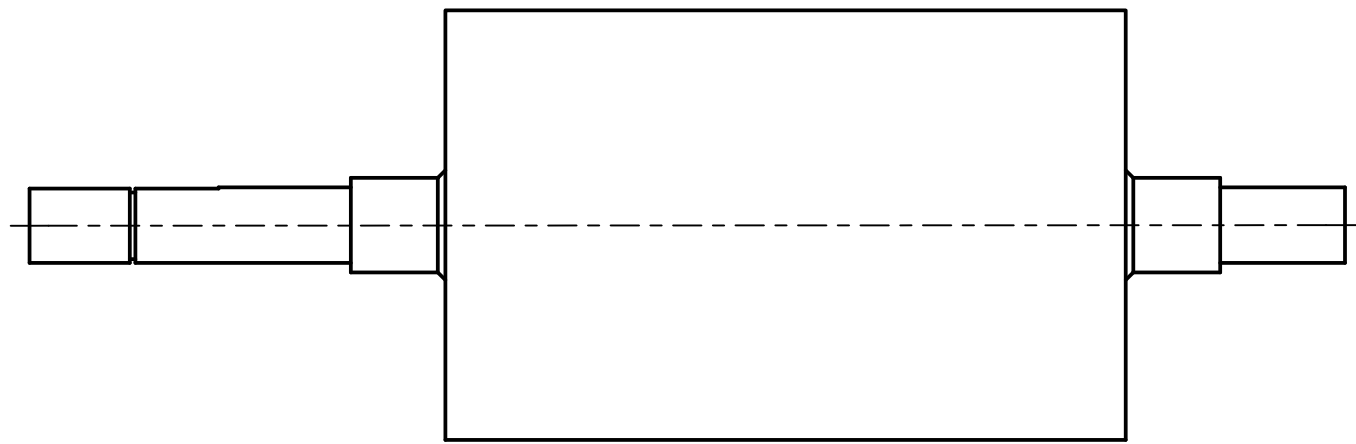
Lista de piezas		
Pieza	Cantidad	Numero de pieza
1	1	Tolva de entrada
2	1	Motor dc
3	1	Base motor
4	2	ANSI B18.2.3.5M - M16 x 2 x 75
5	2	91043A033_Iron Handle Nut
6	1	Grupo coberturas
7	1	Cobertura
8	2	Grupo rodillos
9	4	ISO 4762 - M6 x 35
10	1	Estructura
11	2	ANSI B18.2.4.5M - M16 x 2
12	4	ISO 4762 - M6 x 40
13	23	ISO 7089 - 6
14	9	ISO 4161 - M6
15	4	ISO 4762 - M2.5 x 16
16	8	ISO 7089 - 2.5
17	4	ISO 4032 - M2.5
18	4	Guia resorte
19	6	Compress Spring1
20	1	Tolva de salida
21	1	Vibrador
22	1	Sosten de motor
23	1	Motor dc
24	4	Chumacera SKF_TU 20 FM
25	4	Riel
26	1	Zaranda
27	2	Brazo
28	4	Base de la pata
29	1	Catalina FBN35B11D10
30	1	Chaveta de motor
31	1	ISO 4762 - M6 x 16
32	2	Anillo segger 17
33	2	Catlina FBN35B32D15
34	10	ISO 4762 - M6 x 10
35	2	Anillo Seeger 19
36	2	IFI 502 - 4.8x1.6 x 10, HFHTSTBM
37	1	Soporte tensor
38	1	Base motor
39	2	Catalina FBN35B18D12
40	4	ISO 4762 - M6 x 25
41	2	Grupo soporte catalina
42	4	Rodamiento
43	2	Chaveta de la catalina

-----	1	Lista de piezas		Varios materiales	SAE 1018	-----
Pos.	Cant.	Denominación		Material	Norma	Notas
VIII CICLO		Fecha	Nombre	<b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b> SEDE MATRIZ CUENCA  <b>INGENIERÍAS</b> Carrera de Ingeniería Mecánica		
Dibujado	23/01/24	Juan Carangui				
Comprobado	16/02/24	Ing. E. Cárdenas				
Integración Curricular						
Escala:	Tol. gen.:	Conjunto:				
-	ISO 2768-m					
Lámina:	CAV 01	<b>Maquina trituradora de cacao</b>				

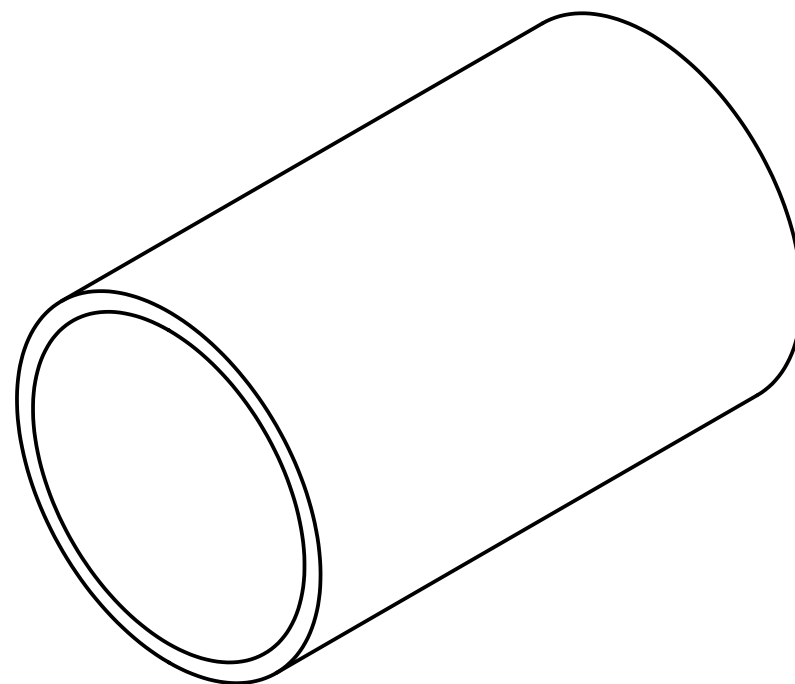
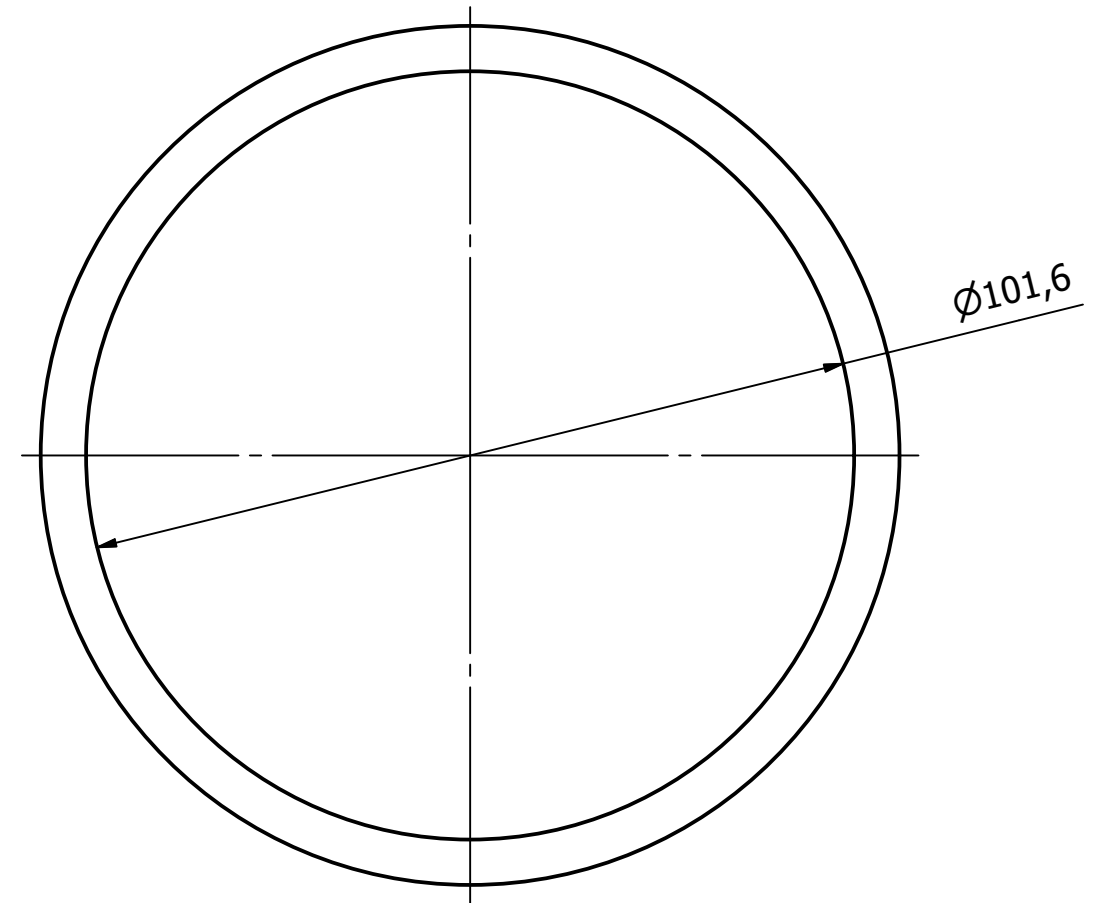
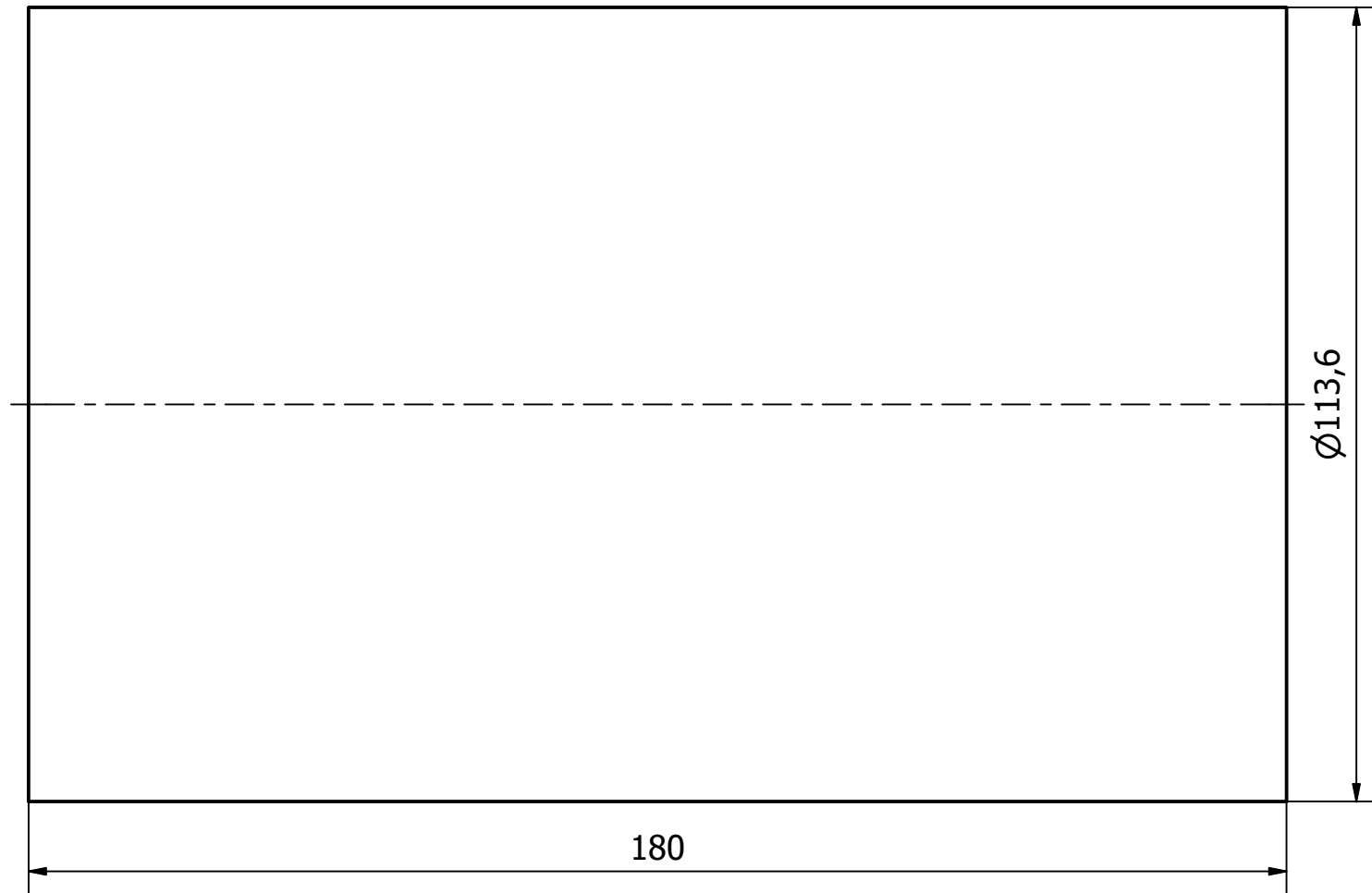




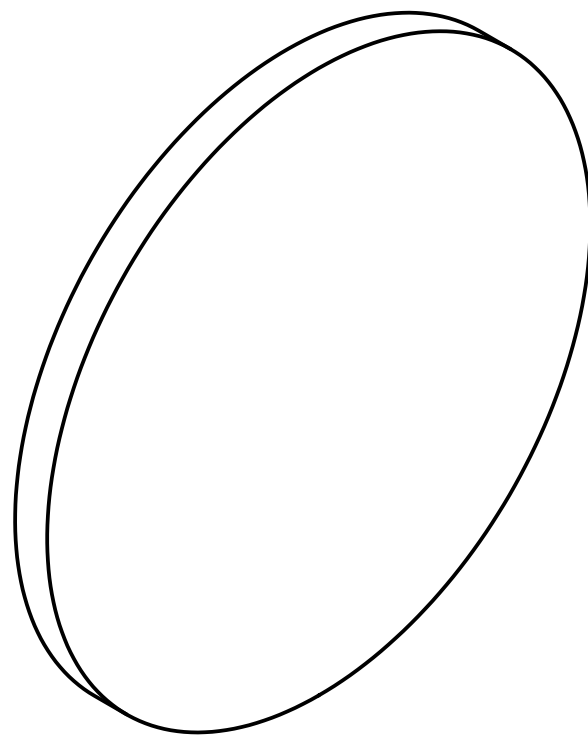
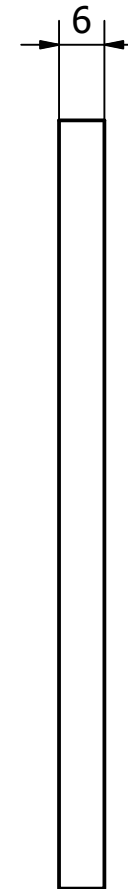
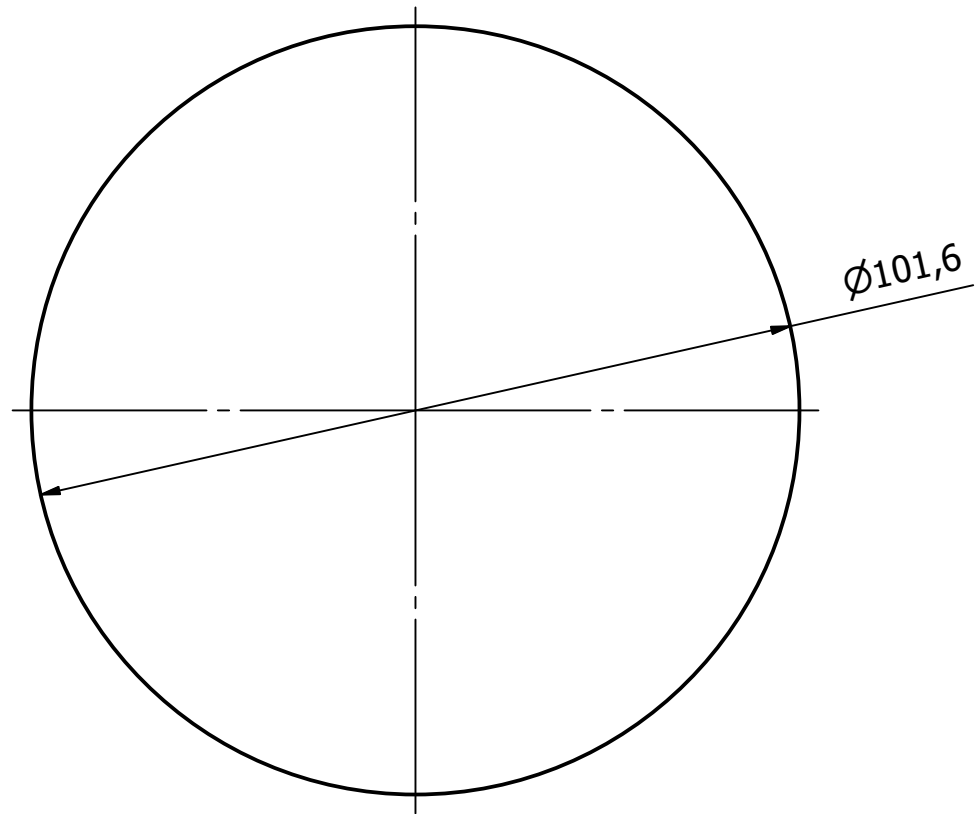
----	1	Estructura	Acero inoxidable	SAE 1018	----
Pos.	Cant.	Denominación	Material	Norma	Notas
VIII CICLO	Fecha	Nombre	<b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b> SEDE MATRIZ CUENCA INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecánica		
Dibujado	23/01/24	Juan Carangui			
Comprobado	16/02/24	Ing. E. Cárdenas			
Integración Curricular					
Escala:	Tol. gen.:	Conjunto:			
1:10	ISO 2768-m				
Lámina:	CAV 02	<b>Maquina trituradora de cacao</b>			



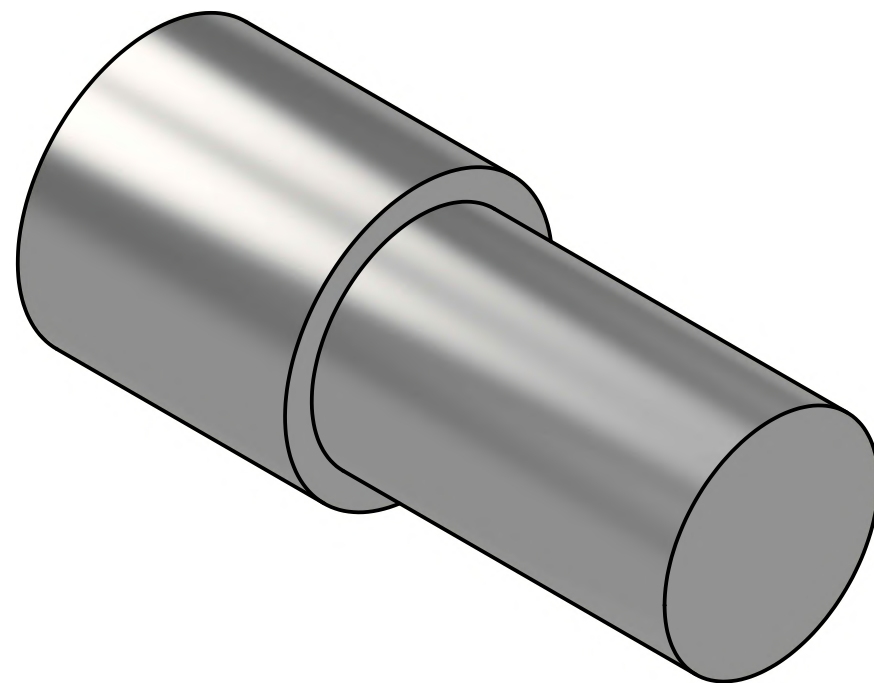
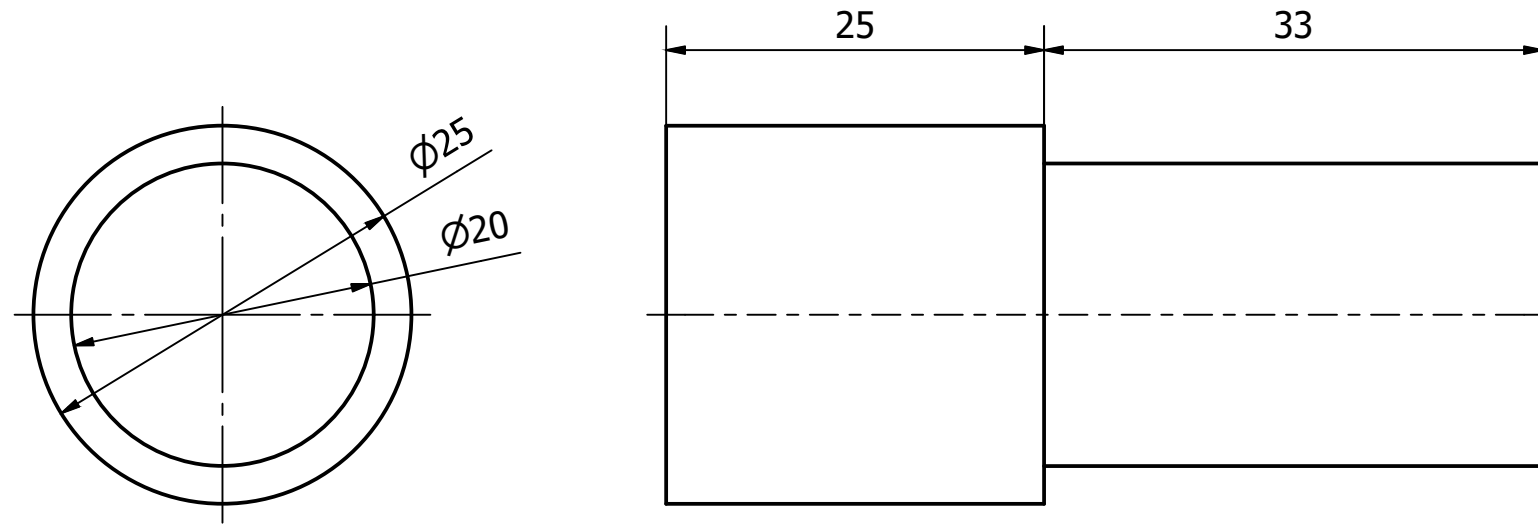
----	2	Rodillos trituradores	Varios materiales	SAE 1018	----
<b>Pos.</b>	<b>Cant.</b>	<b>Denominación</b>	<b>Material</b>	<b>Norma</b>	<b>Notas</b>
VIII CICLO	Fecha	Nombre	 <b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b> SEDE MATRIZ CUENCA  <b>INGENIERÍAS</b> Carrera de Ingeniería Mecánica		
Dibujado	23/01/24	Juan Carangui			
Comprobado	16/02/24	Ing. E. Cárdenas			
Integración Curricular					
Escala: 1:2	Tol. gen.: ISO 2768-m	Conjunto:			
Lámina: CAV 03	<b>Maquina trituradora de cacao</b>				



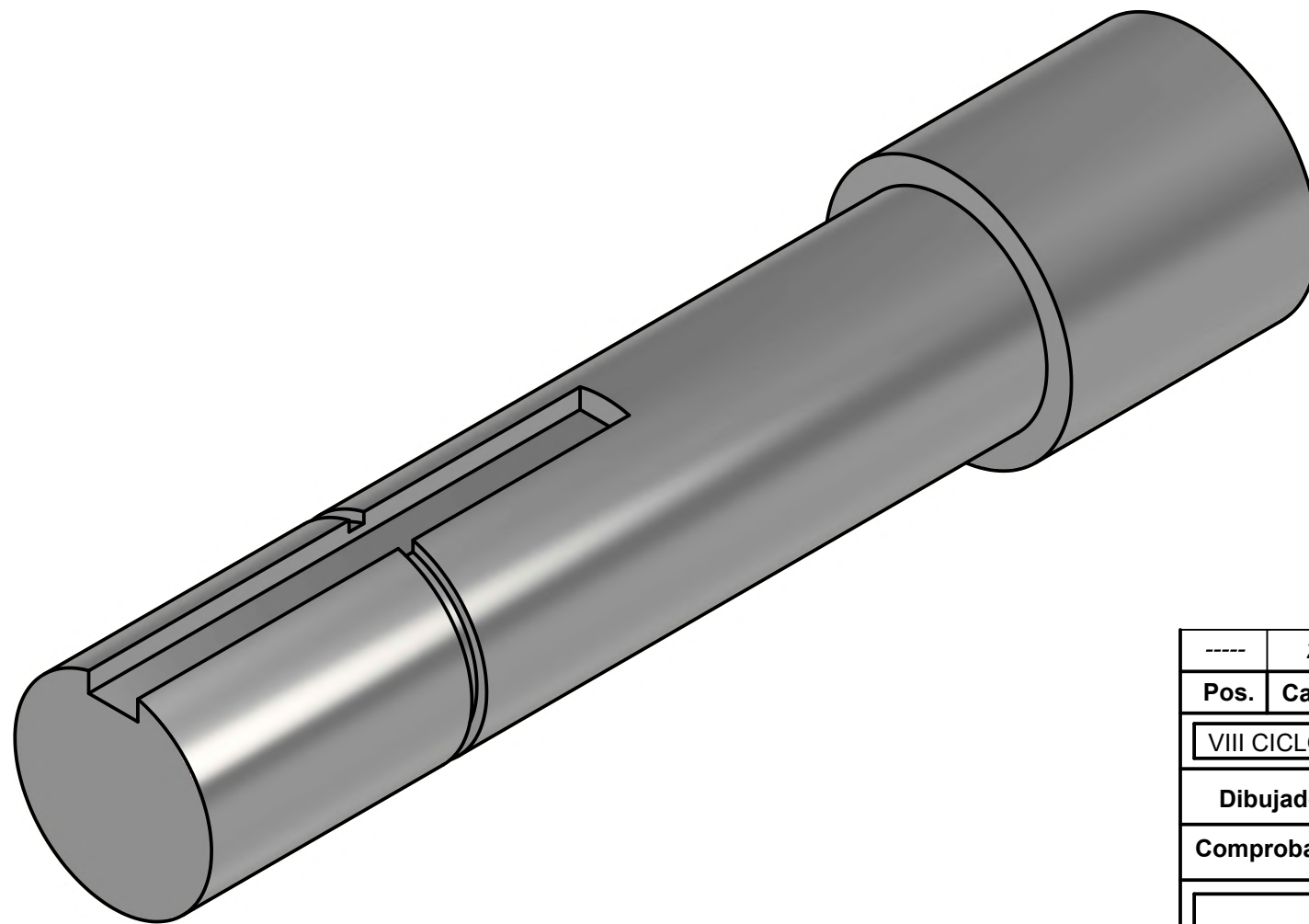
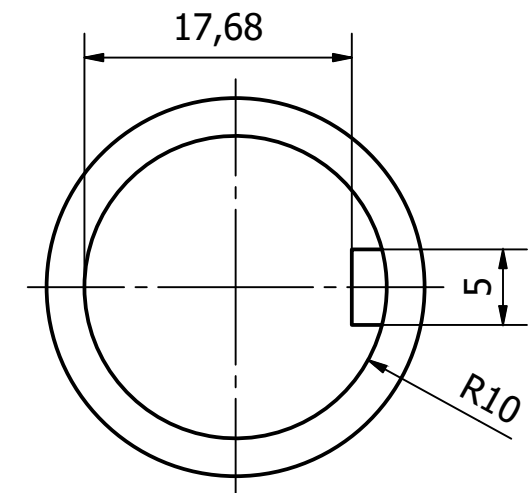
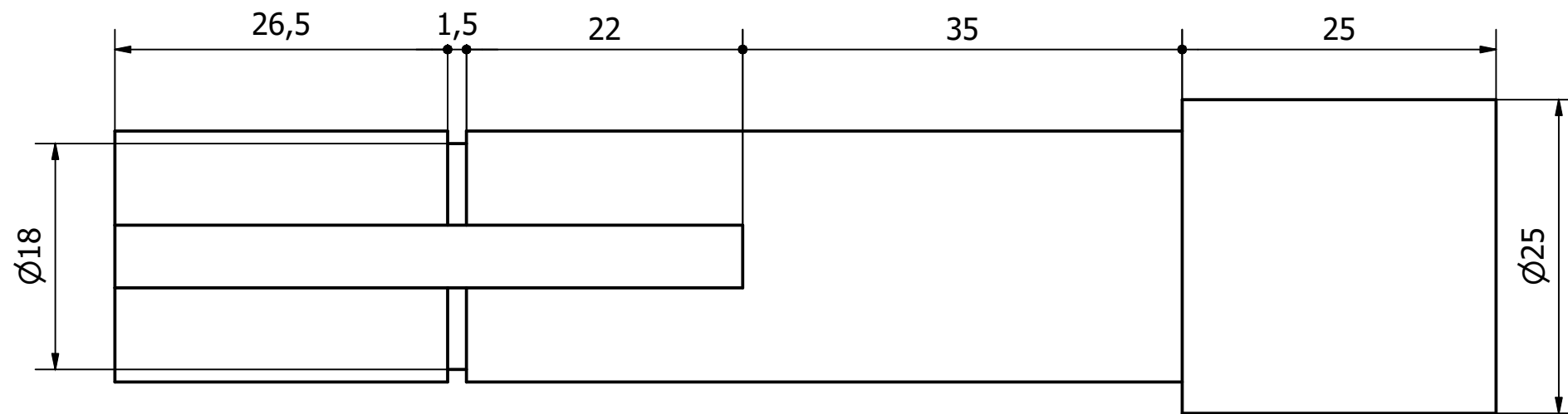
----	2	Tubo triturador		Acero Inoxidable	SAE 1018	----
<b>Pos.</b>	<b>Cant.</b>	<b>Denominación</b>		<b>Material</b>	<b>Norma</b>	<b>Notas</b>
VIII CICLO	<b>Fecha</b>	<b>Nombre</b>			<b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b> <b>SEDE MATRIZ CUENCA</b>  <b>INGENIERÍAS</b> <b>Carrera de Ingeniería Mecánica</b>	
<b>Dibujado</b>	23/01/24	Juan Carangui				
<b>Comprobado</b>	16/02/24	Ing. E. Cárdenas				
Integración Curricular						
<b>Escala:</b> 1:10	<b>Tol. gen.:</b> ISO 2768-m	<b>Suconjunto:</b>				
<b>Lámina:</b> CAV 04		<b>Rodillos trituradores</b>				



----	4	Tapa de rodillos	Acero inoxidable	SAE 1018	----
Pos.	Cant.	Denominación	Material	Norma	Notas
VIII CICLO	Fecha	Nombre	<b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b> SEDE MATRIZ CUENCA INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecánica		
Dibujado	23/01/24	Juan Carangui			
Comprobado	16/02/24	Ing. E. Cárdenas			
Integración Curricular					
Escala: 1:1	Tol. gen.: ISO 2768-m	Subconjunto:			
Lámina: CAV 05	<b>Rodillos trituradores</b>				



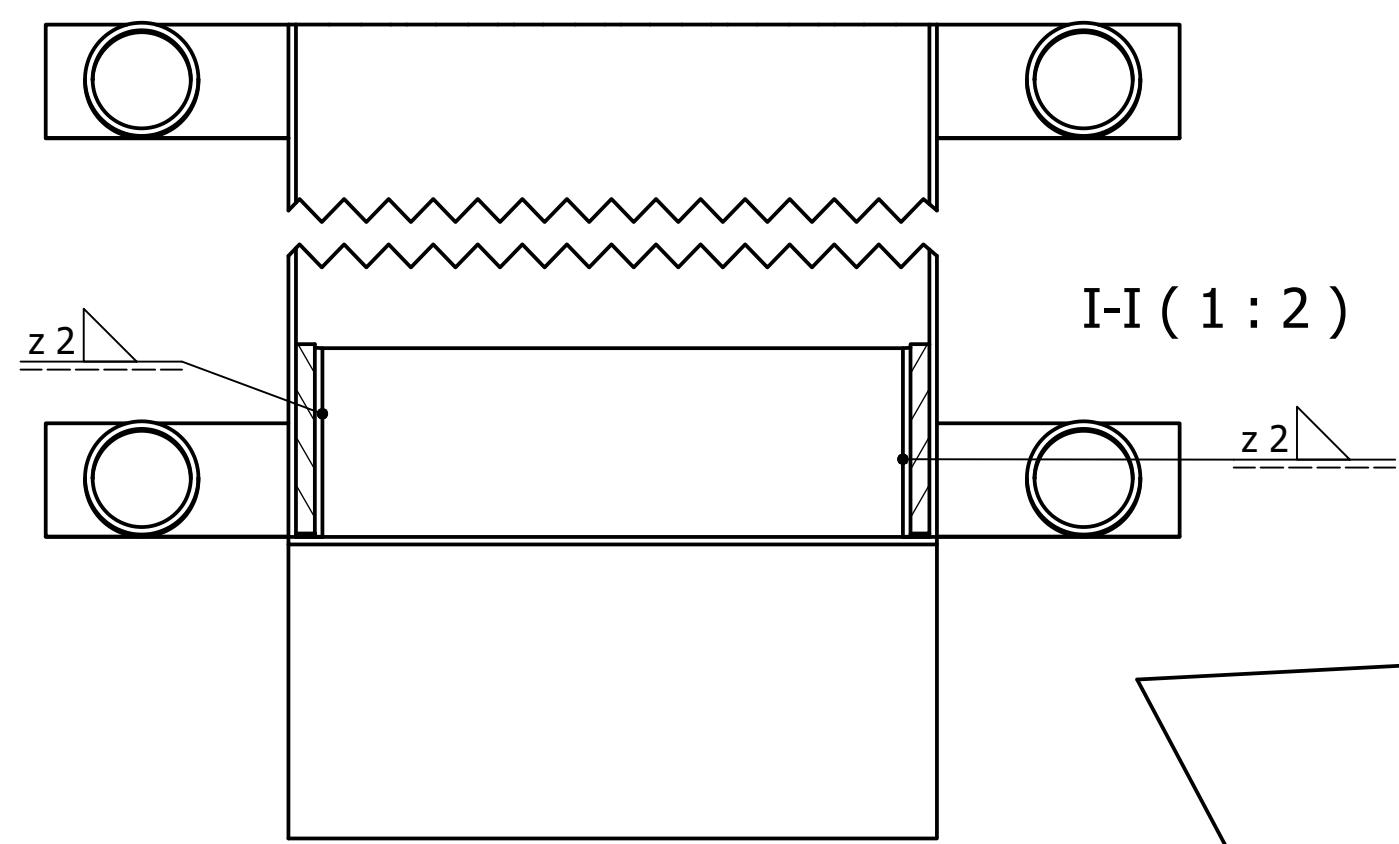
----	2	Vastago pequeño	Acero inoxidable	SAE 1018	----
Pos.	Cant.	Denominación	Material	Norma	Notas
VIII CICLO	Fecha	Nombre	 <b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b> SEDE MATRIZ CUENCA	<b>INGENIERÍAS</b> Carrera de Ingeniería Mecánica	
Dibujado	23/01/24	Juan Carangui			
Comprobado	16/02/24	Ing. E. Cárdenas			
Integración Curricular					
Escala:	Tol. gen.:	Subconjunto:			
2:1	ISO 2768-m	<b>Rodillos trituradores</b>			
Lámina:	CAV 06				



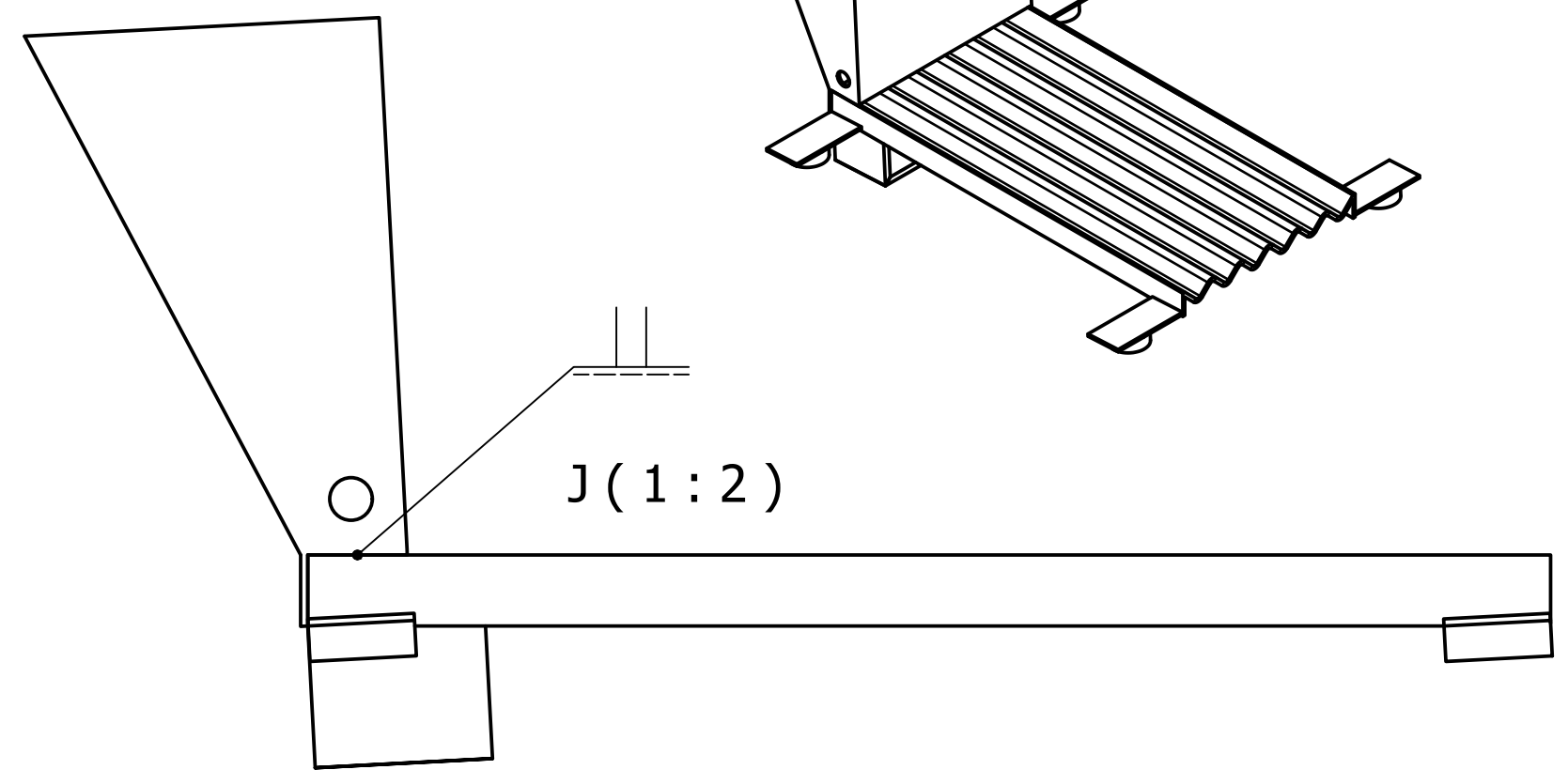
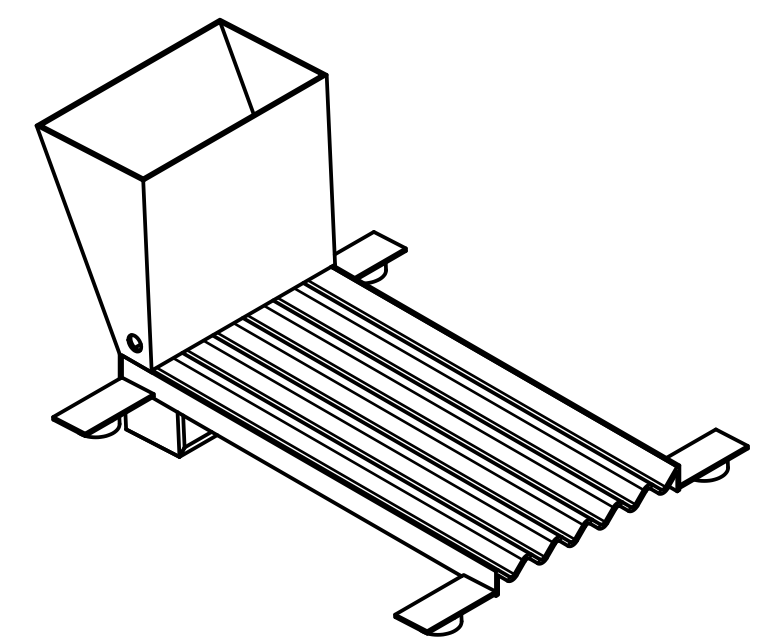
----	2	Vastago largo	Acero inoxidable	SAE 1018	----
Pos.	Cant.	Denominación	Material	Norma	Notas
VIII CICLO	Fecha	Nombre	 <b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b> SEDE MATRIZ CUENCA	<b>INGENIERÍAS</b> Carrera de Ingeniería Mecánica	
Dibujado	23/01/24	Juan Carangui			
Comprobado	16/02/24	Ing. E. Cárdenas			
Integración Curricular					
Escala:	Tol. gen.:	Conjunto:			
2:1	ISO 2768-m	<b>Rodillos trituradores</b>			
Lámina:	CAV 07				

Lista de piezas

Parte	Cantidad	Nombre de pieza
1	1	Zaranda
2	1	Tolva superior
3	1	Sostiene motor

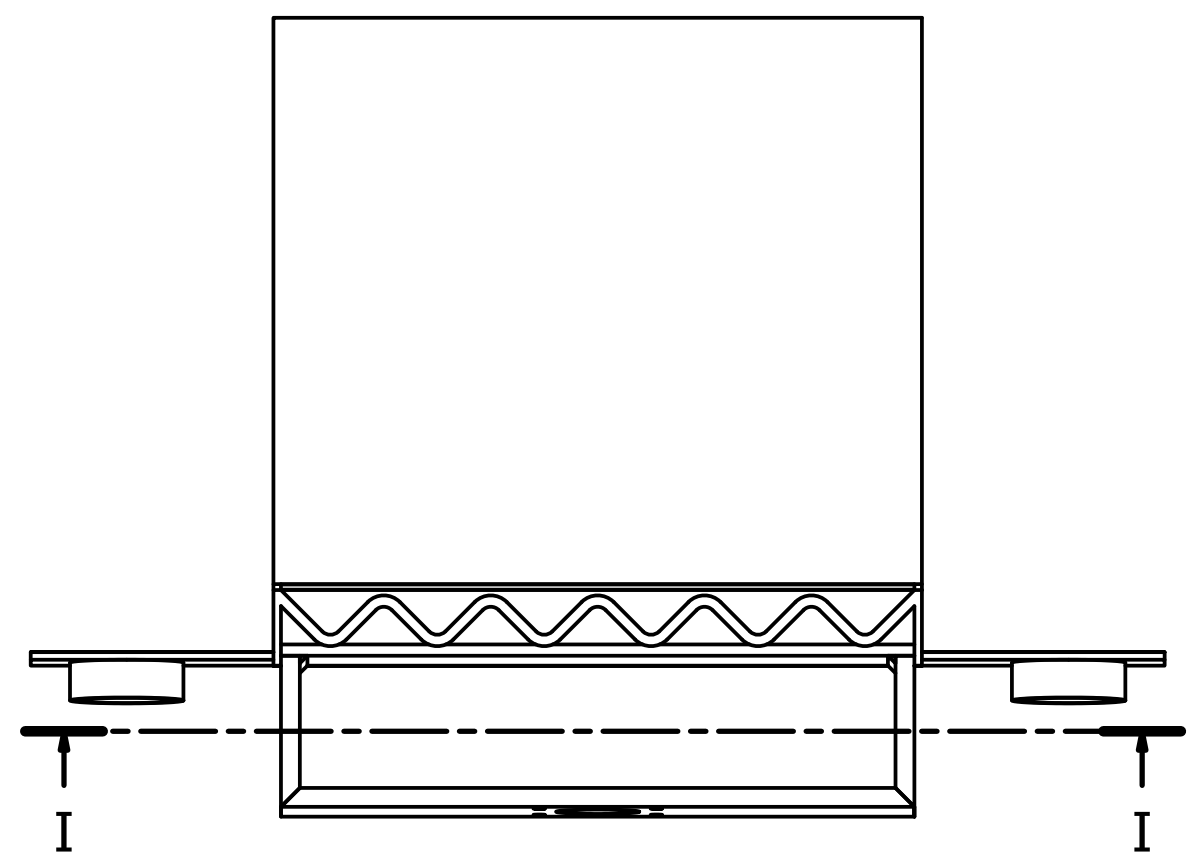


I-I ( 1 : 2 )

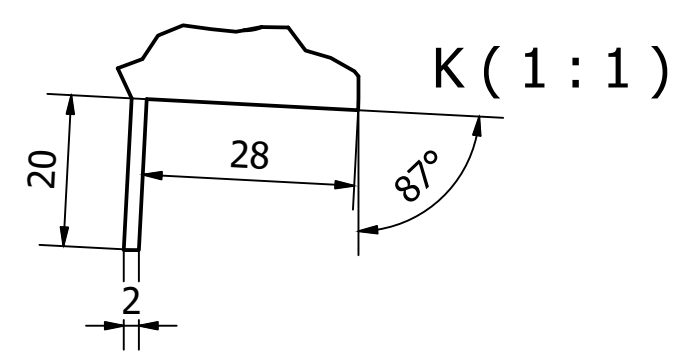
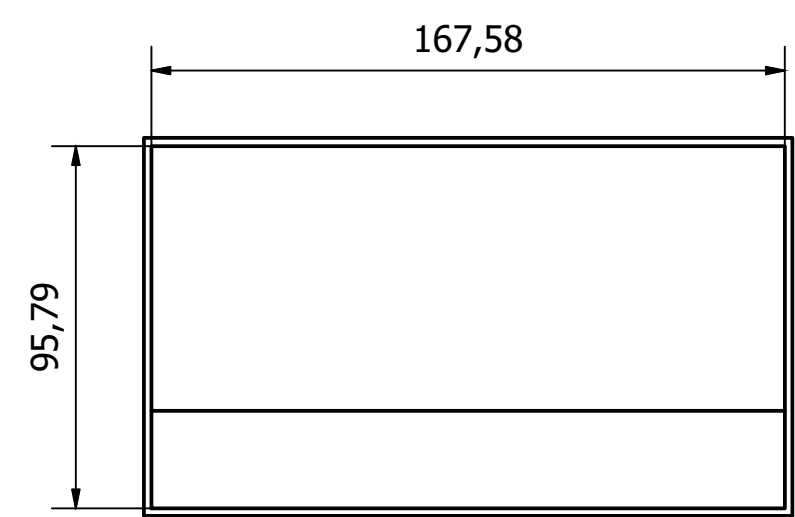
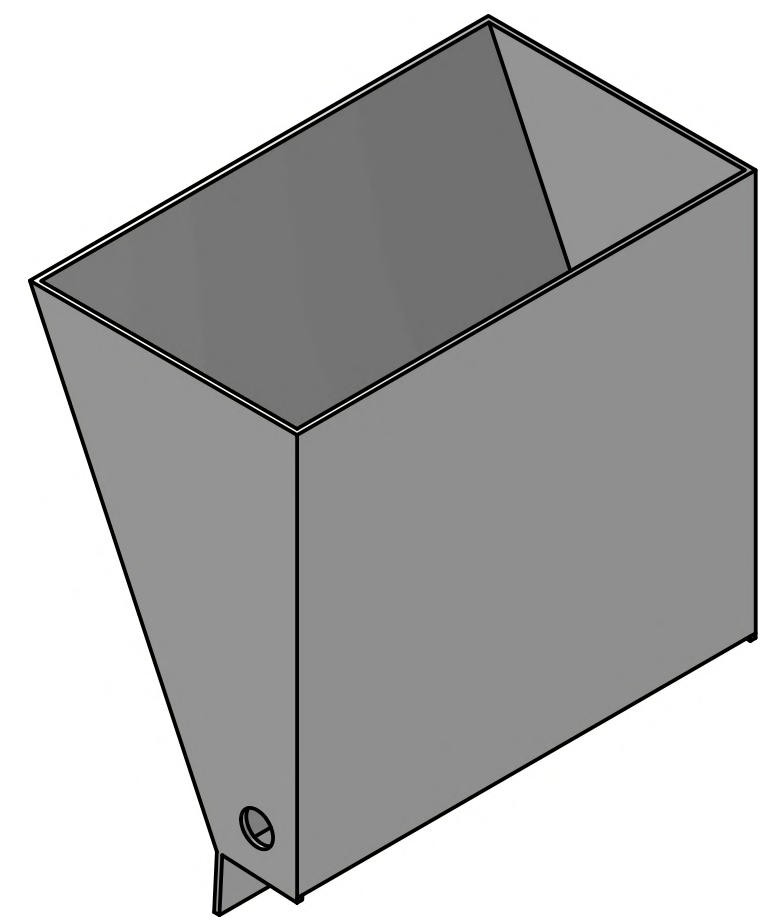
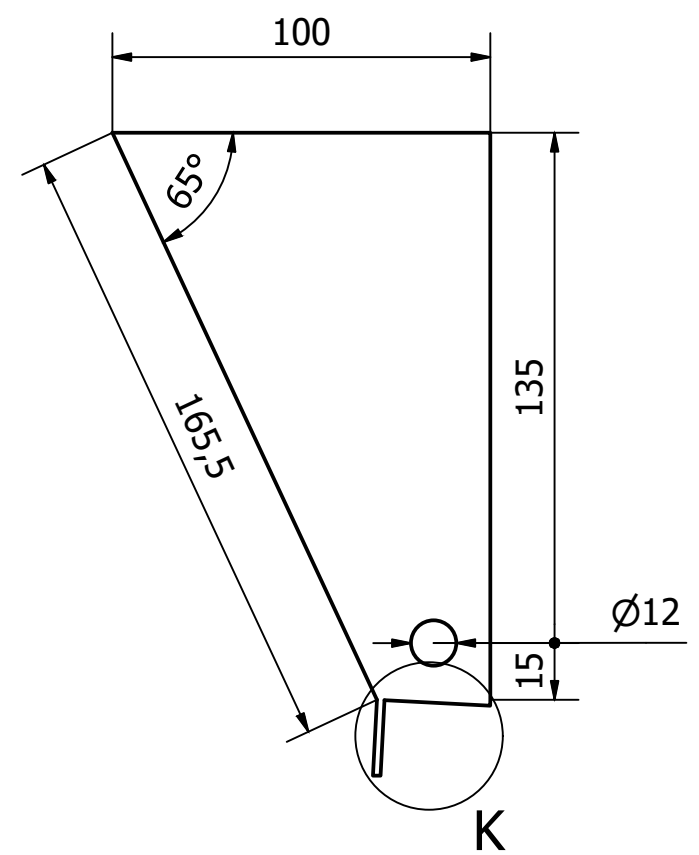
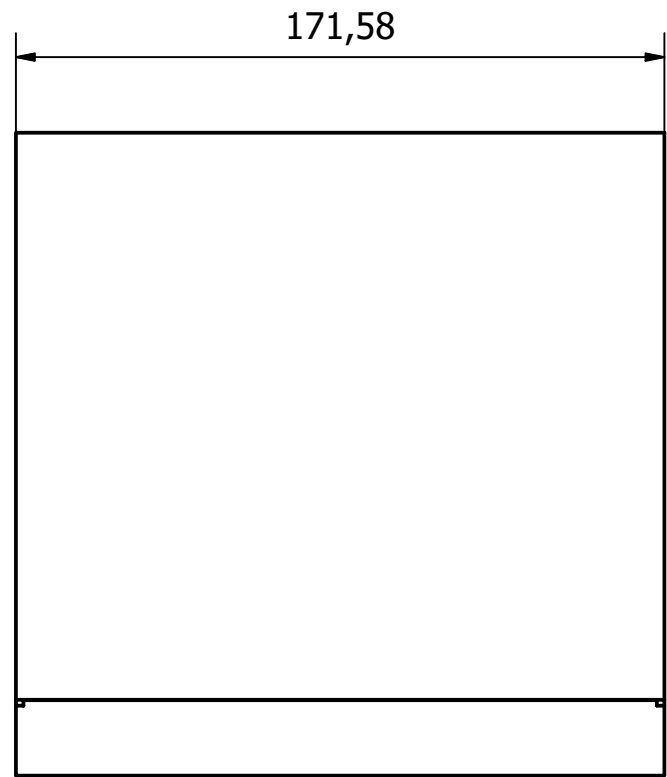


J ( 1 : 2 )

J  
↓

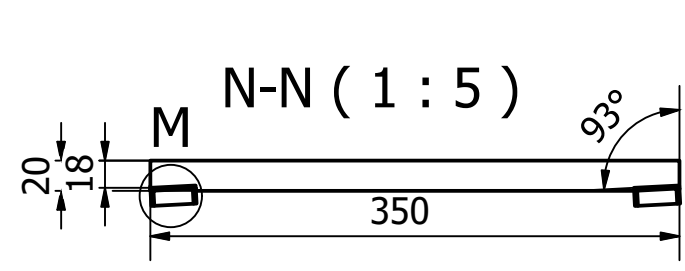
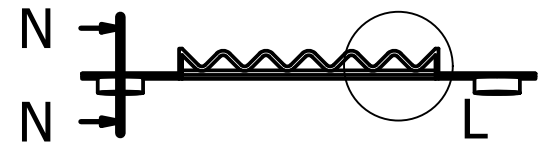
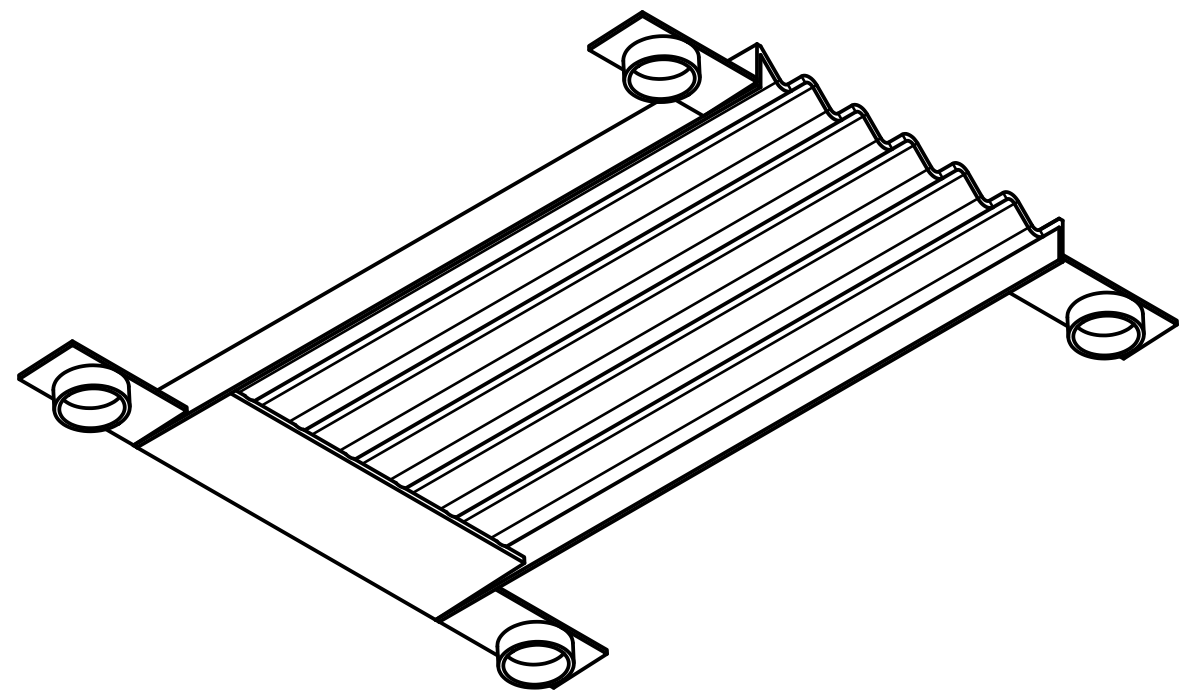
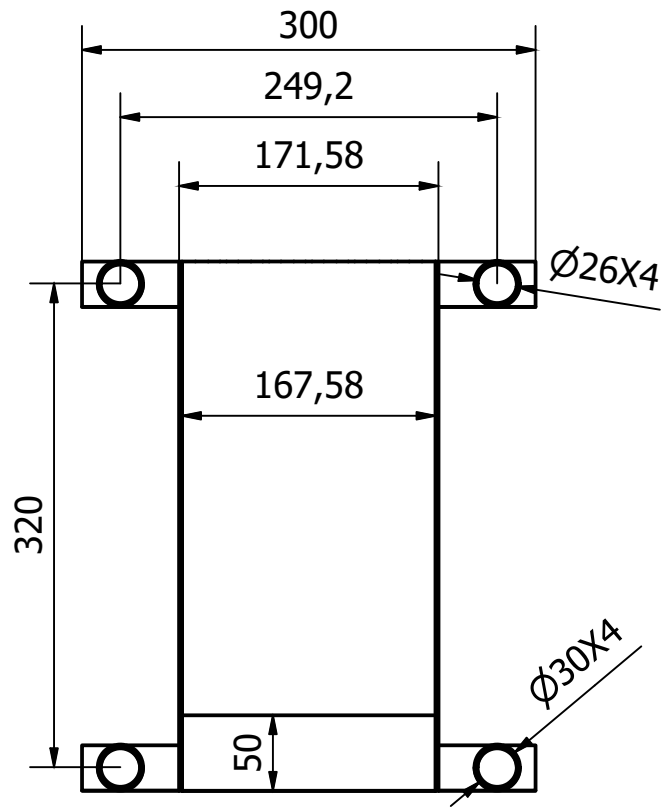


-----	1	Alimentador	Acero inoxidable	SAE 1018	-----
Pos.	Cant.	Denominación	Material	Norma	Notas
VIII CICLO	Fecha	Nombre	<b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b> SEDE MATRIZ CUENCA INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecatrónica		
Dibujado	23/01/24	Juan Carangui			
Comprobado	16/02/24	Ing. E. Cárdenas			
Integración Curricular					
Escala:	Tol. gen.:	Conjunto:			
1:5	ISO 2768-m				
Lámina:	CAV 08	<b>Maquina trituradora de cacao</b>			

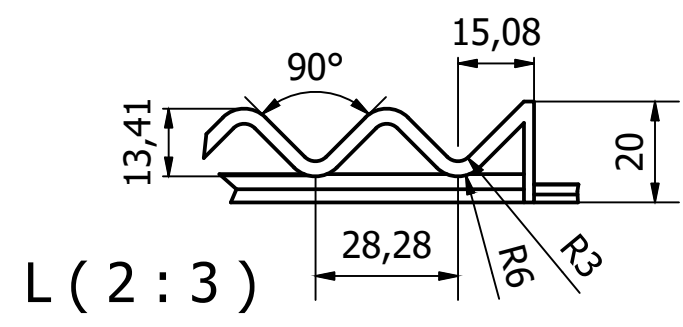
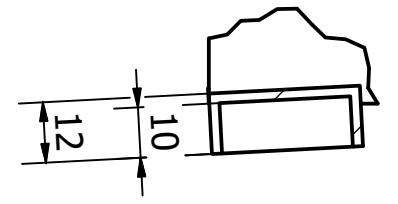


----	1	Tolva de entrada		Acero inoxidable	SAE 1018	----
Pos.	Cant.	Denominación		Material	Norma	Notas
VIII CICLO		Fecha	Nombre		<b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b> SEDE MATRIZ CUENCA  <b>INGENIERÍAS</b> Carrera de Ingeniería Mecánica	
Dibujado	23/01/24	Juan Carangui				
Comprobado	16/02/24	Ing. E. Cárdenas				
Integración Curricular						
Escala:	1:2	Tol. gen.:	ISO 2768-m	Subconjunto:		
Lámina:	CAV 09	<b>Alimentador</b>				

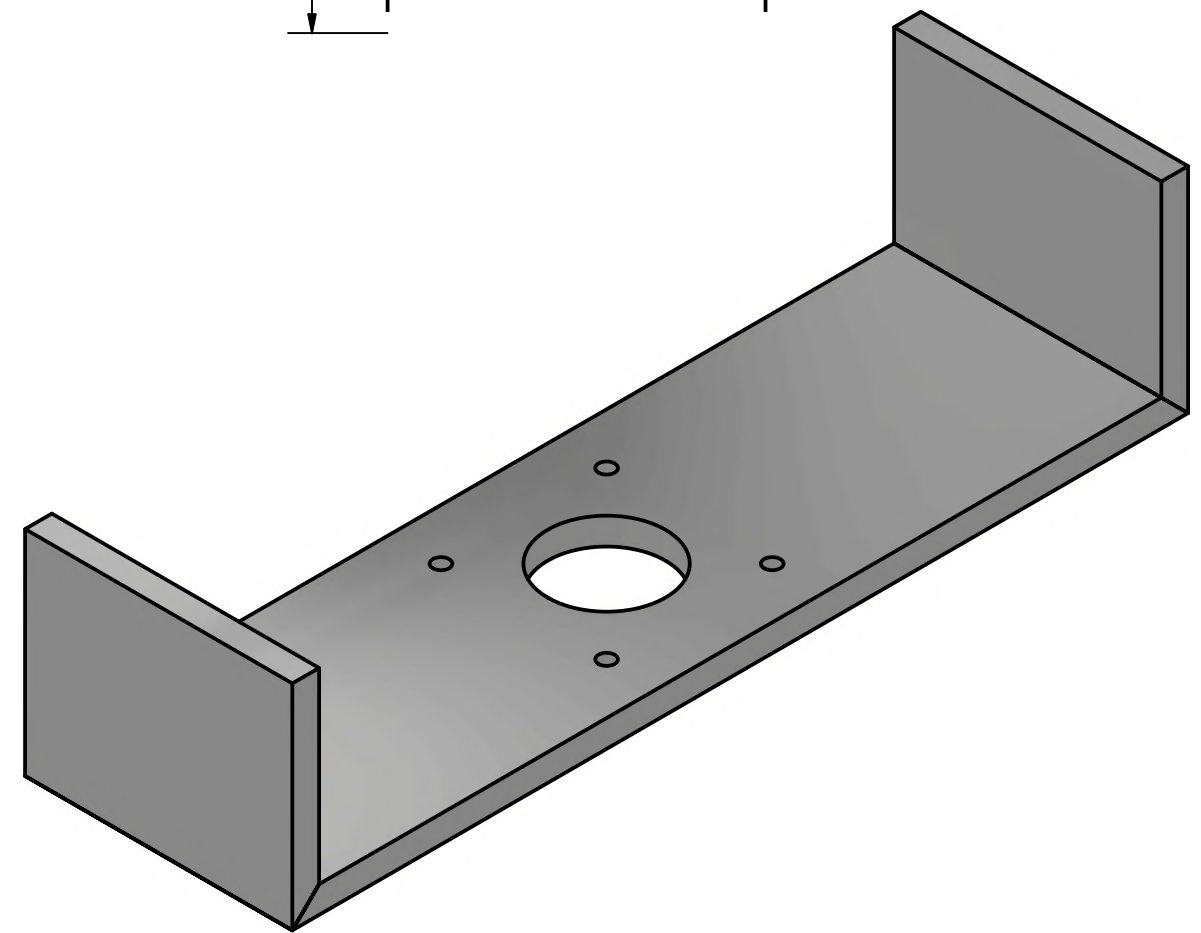
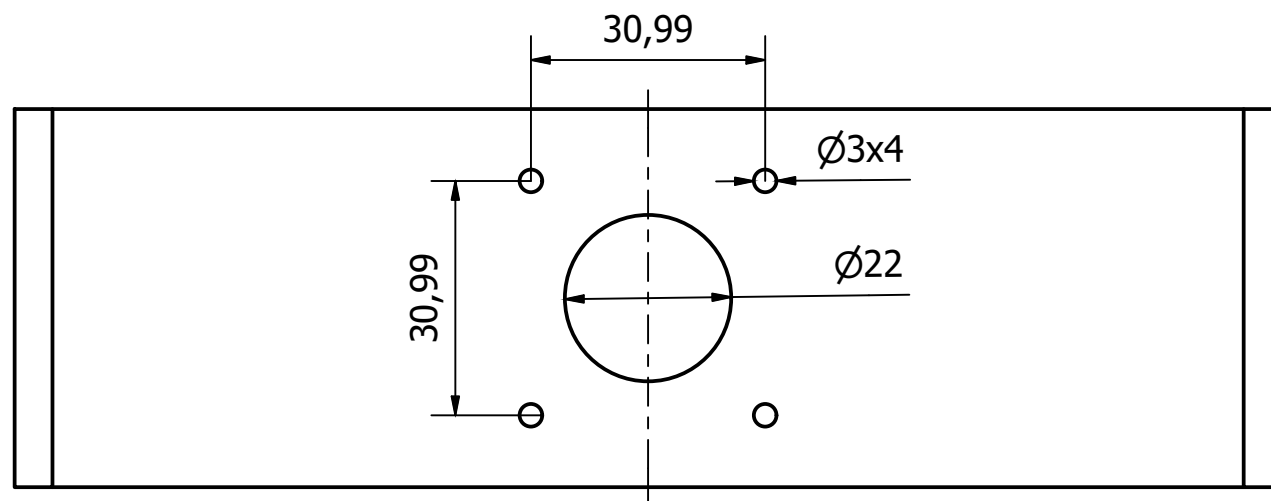
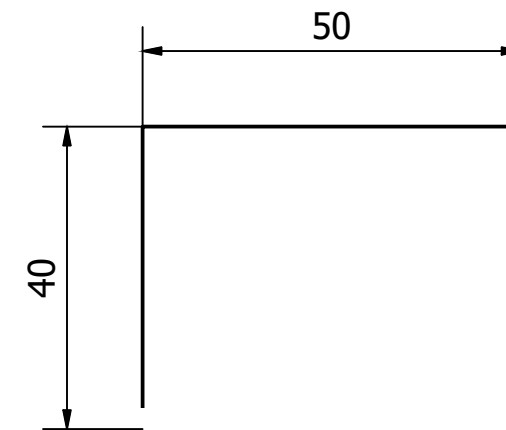
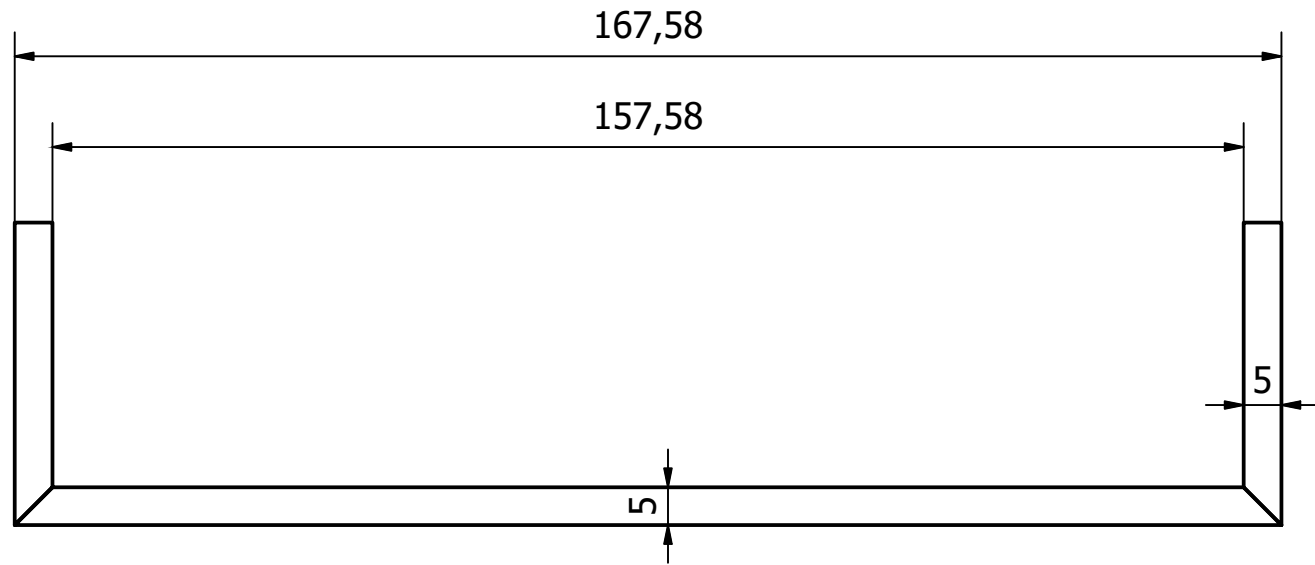




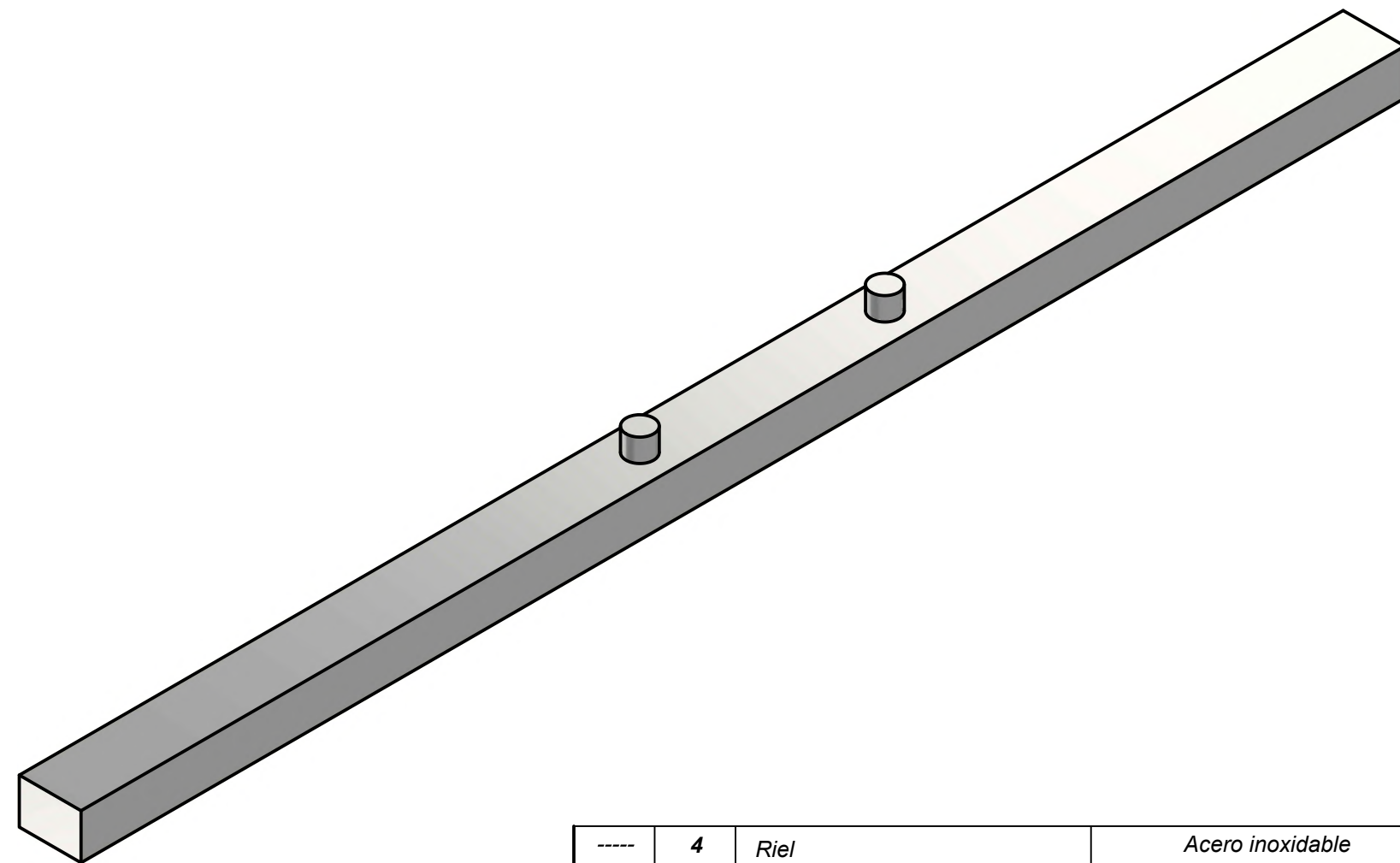
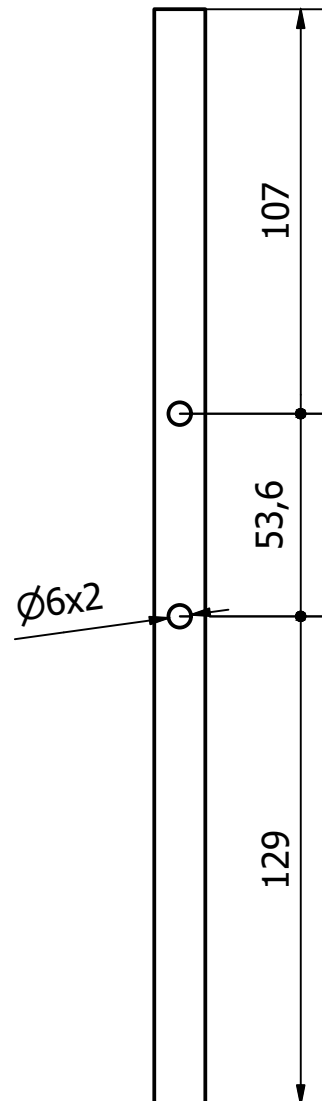
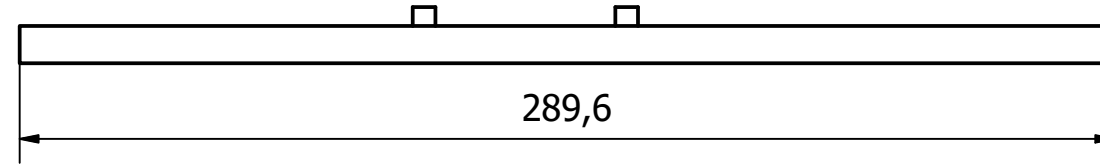
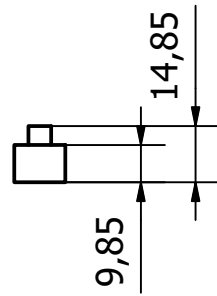
M ( 2 : 3 )



----	1	Zaranda	Acero inoxidable	SAE 1018	----
Pos.	Cant.	Denominación	Material	Norma	Notas
VIII CICLO	Fecha	Nombre	<b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b> SEDE MATRIZ CUENCA INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecánica		
Dibujado	23/01/24	Juan Carangui			
Comprobado	16/02/24	Ing. E. Cárdenas			
Integración Curricular					
Escala:	Tol. gen.:	Subconjunto:			
1:5	ISO 2768-m	<b>Alimentador</b>			
Lámina:	CAV 10				



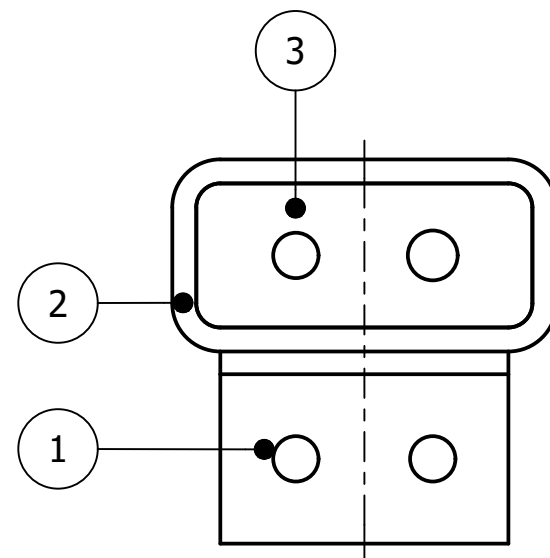
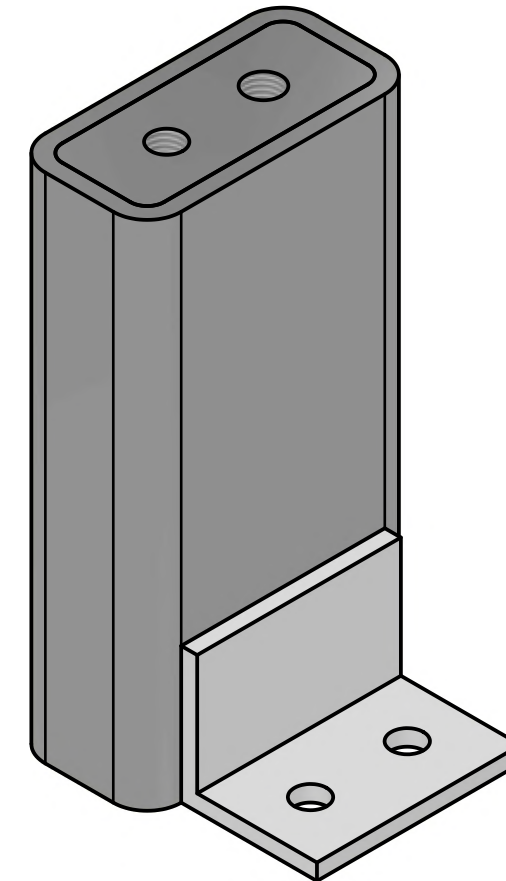
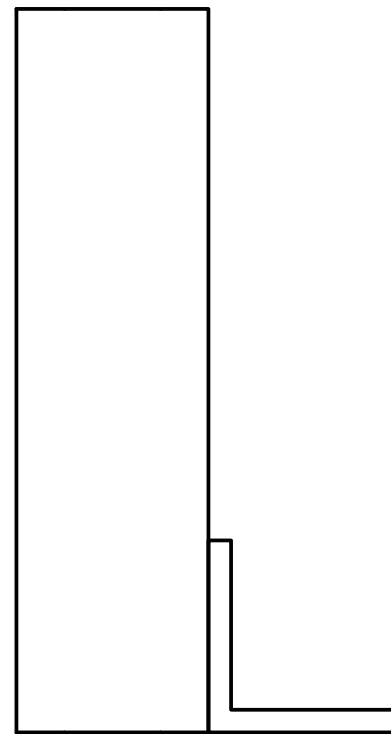
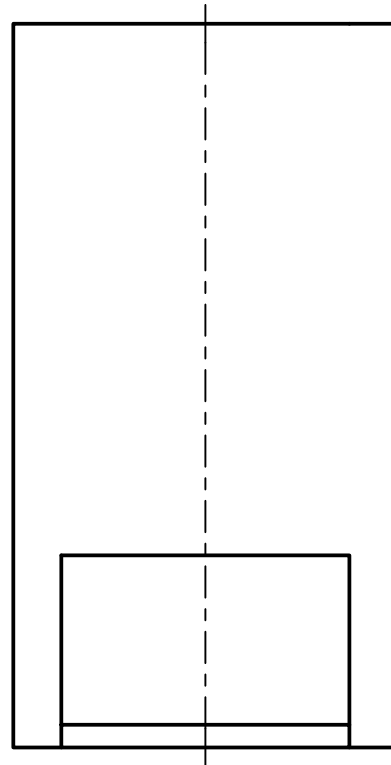
----	1	Sostiene motor	Acero inoxidable	SAE 1018	----
Pos.	Cant.	Denominación	Material	Norma	Notas
VIII CICLO	Fecha	Nombre	 <b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b> SEDE MATRIZ CUENCA INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecánica		
Dibujado	23/01/24	Juan Carangui			
Comprobado	16/02/24	Ing. E. Cárdenas			
Integración Curricular					
Escala:	Tol. gen.:	Subconjunto:			
1:1	ISO 2768-m	<b>Alimentador</b>			
Lámina:	CAV 11				



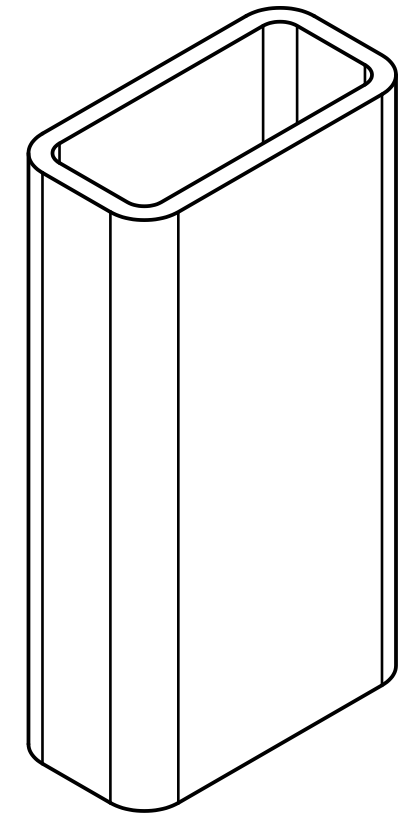
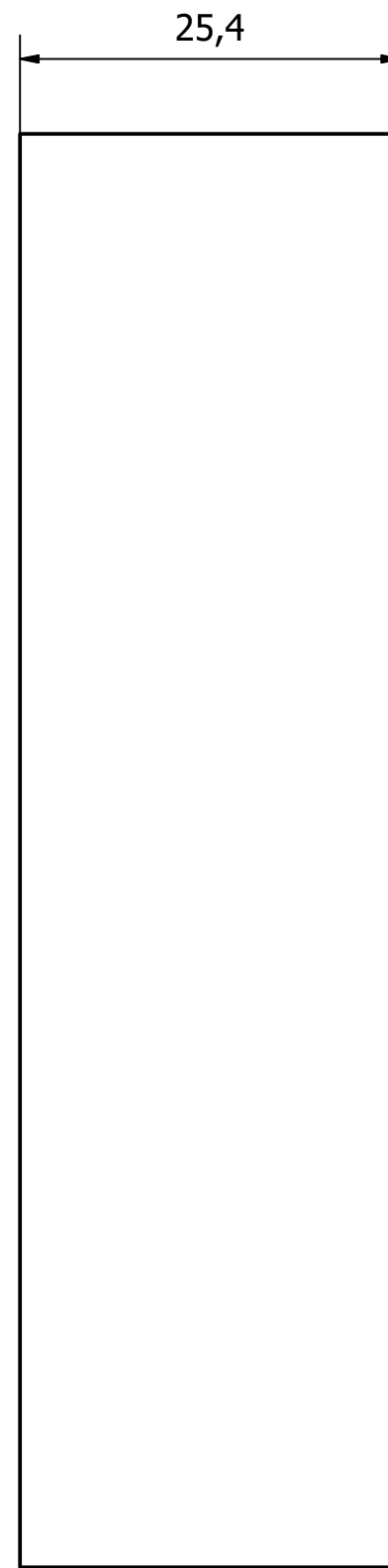
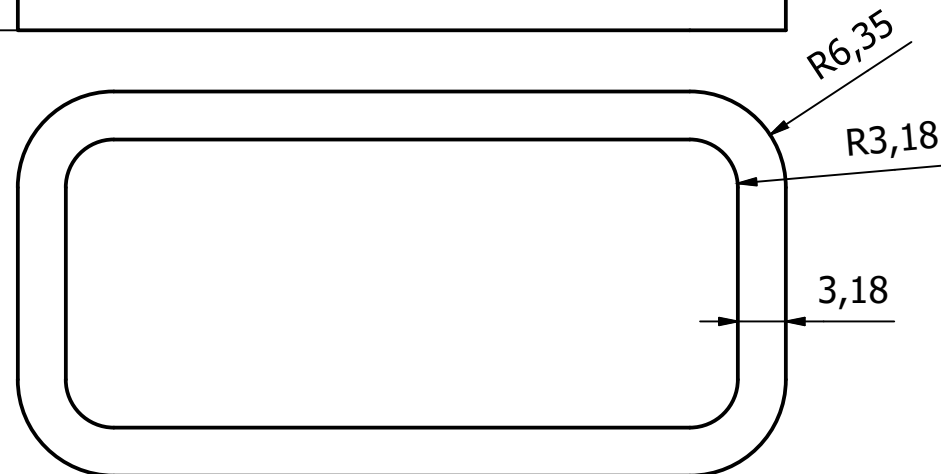
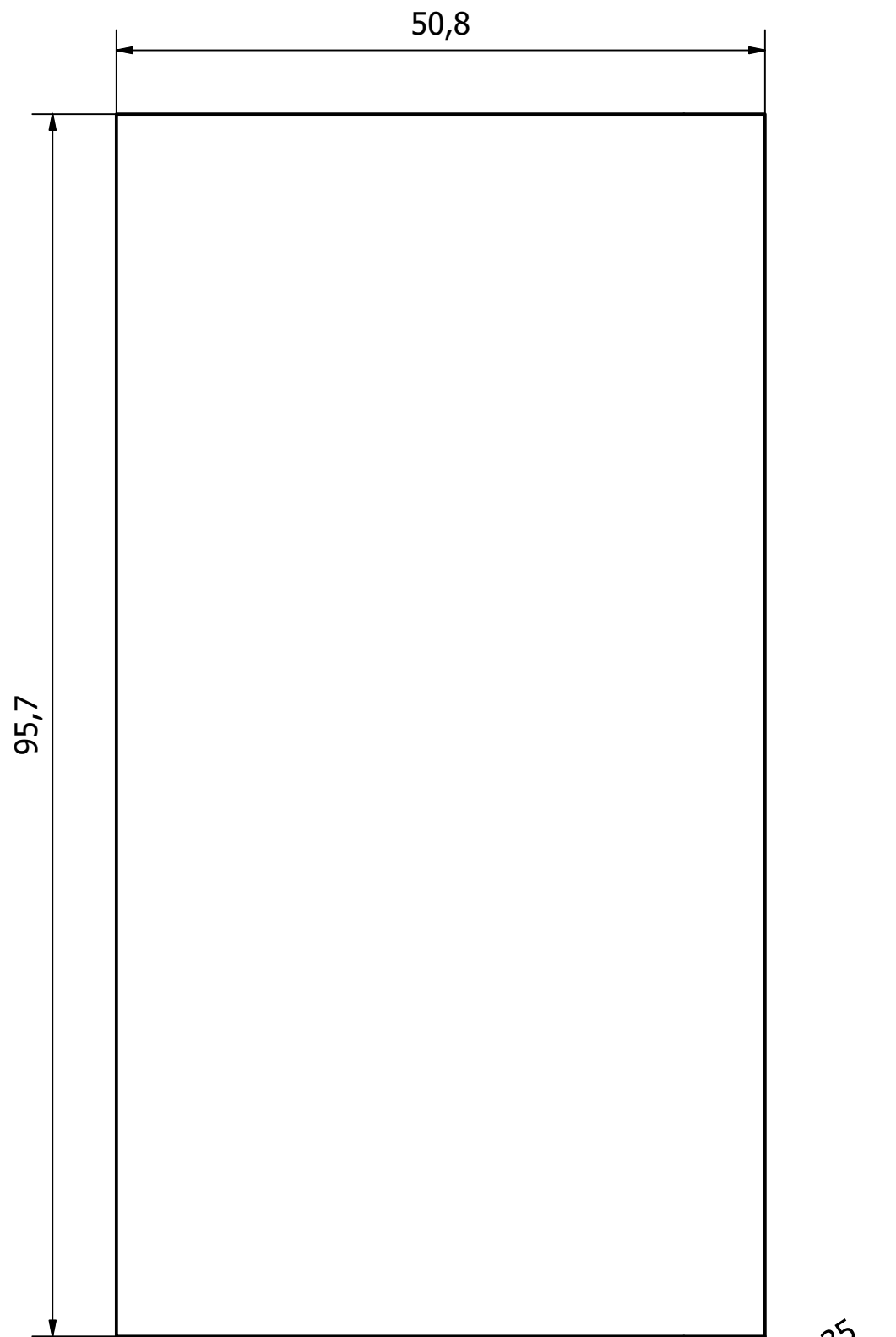
----	4	Riel	Acero inoxidable	SAE 1018	----
Pos.	Cant.	Denominación	Material	Norma	Notas
VIII CICLO	Fecha	Nombre	 <b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b> SEDE MATRIZ CUENCA	<b>INGENIERÍAS</b> Carrera de Ingeniería Mecánica	
Dibujado	23/01/24	Juan Carangui			
Comprobado	16/02/24	Ing. E. Cárdenas			
Integración Curricular					
Escala:	Tol. gen.:	Conjunto:			
1:2	ISO 2768-m	<b>Trituradora de cacao</b>			
Lámina:	CAV 12				


Lista de piezas

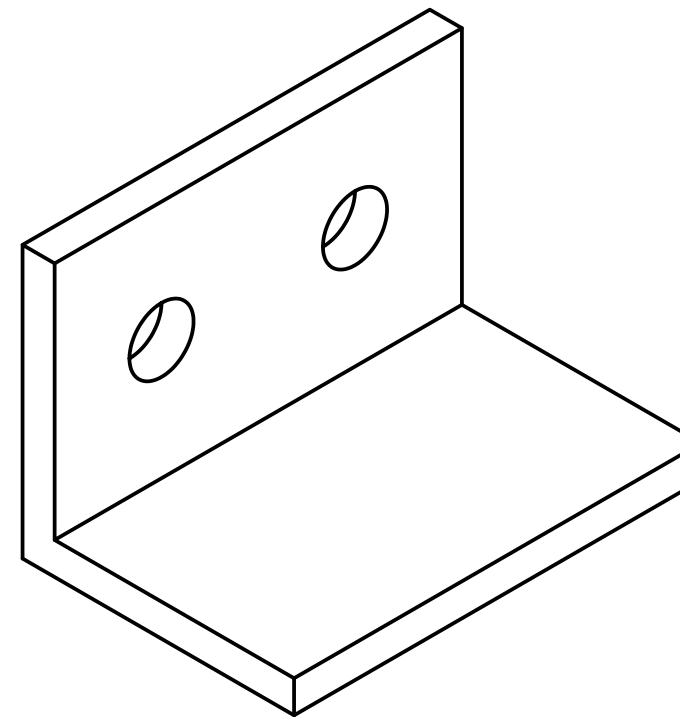
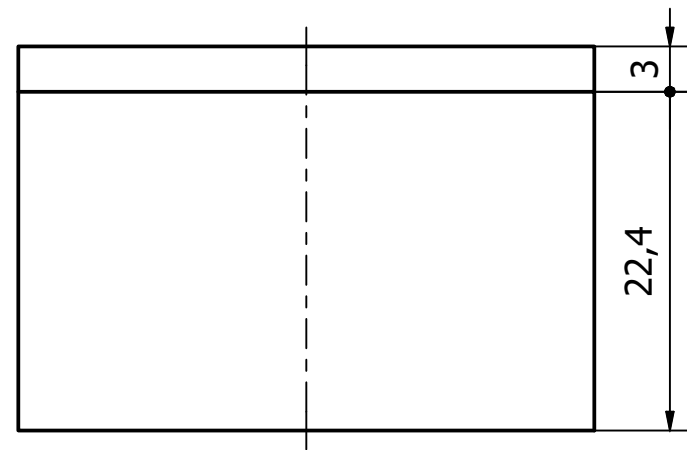
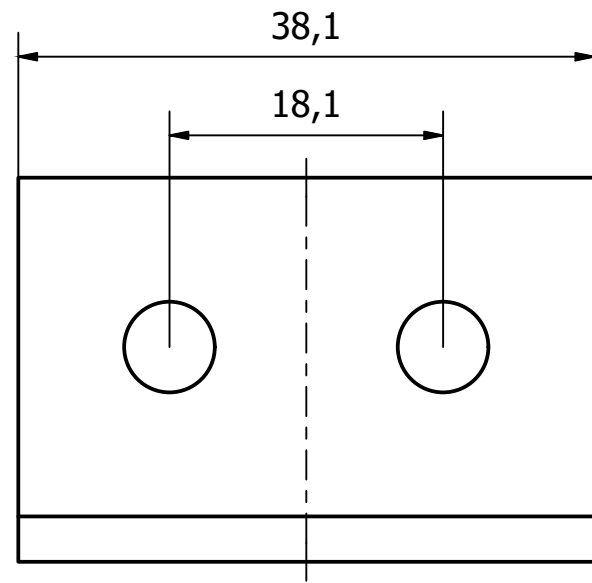
Pieza	Cantidad	Numero de pieza
1	1	Angulo
2	1	Brazo movil
3	1	Tapa




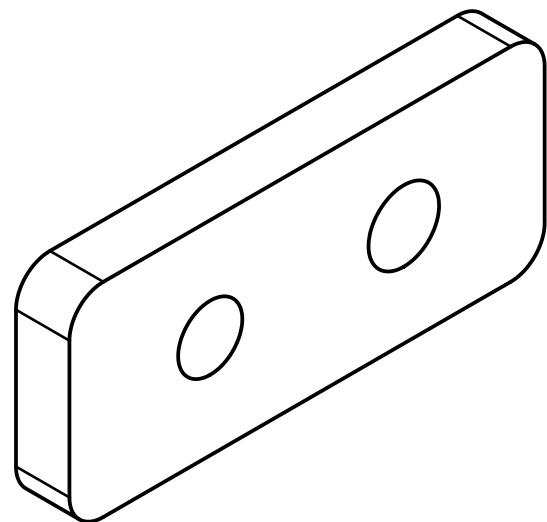
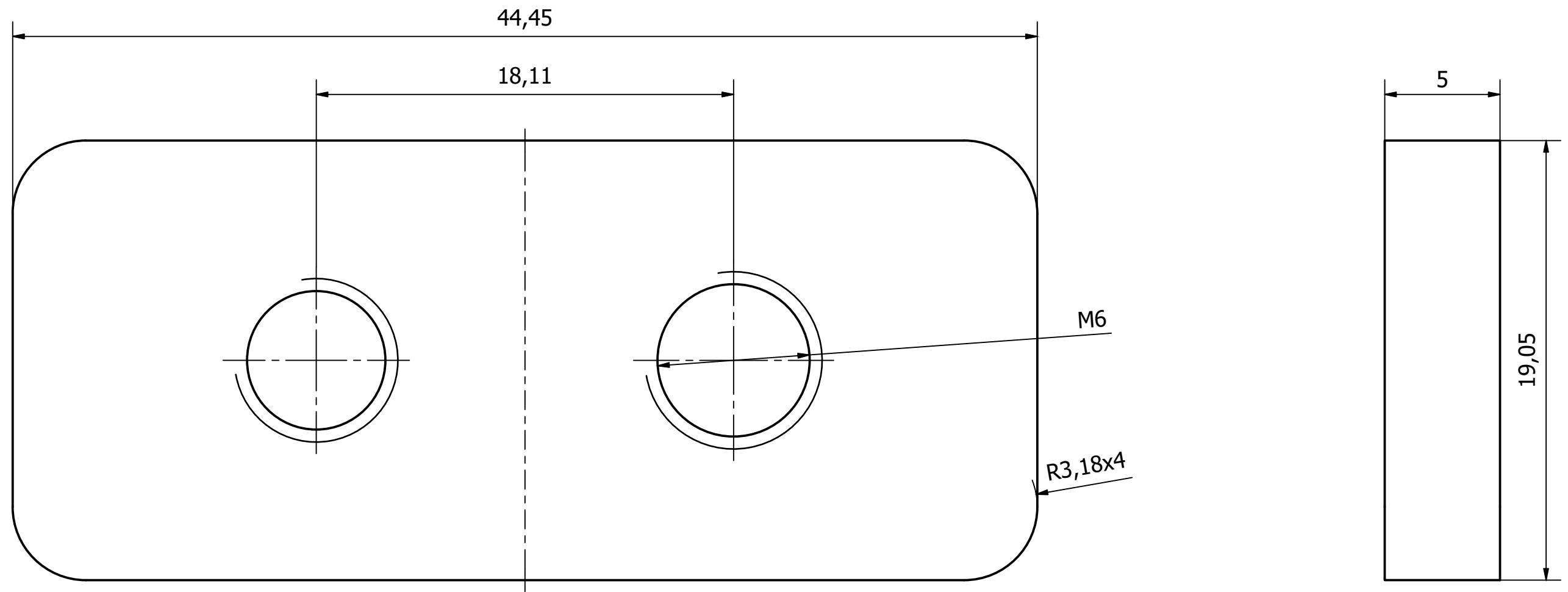
----	2	Brazo movil	Acero inoxidable	SAE 1018	----
<b>Pos.</b>	<b>Cant.</b>	<b>Denominación</b>	<b>Material</b>	<b>Norma</b>	<b>Notas</b>
VIII CICLO	Fecha	Nombre	<p><b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b> SEDE MATRIZ CUENCA</p> <p>INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecánica</p>		
Dibujado	23/01/24	Juan Carangui			
Comprobado	16/02/24	Ing. E. Cárdenas			
Integración Curricular					
Escala: 1:1	Tol. gen.: ISO 2768-m	Conjunto:			
Lámina: CAV 13	<b>Triturador de cacao</b>				



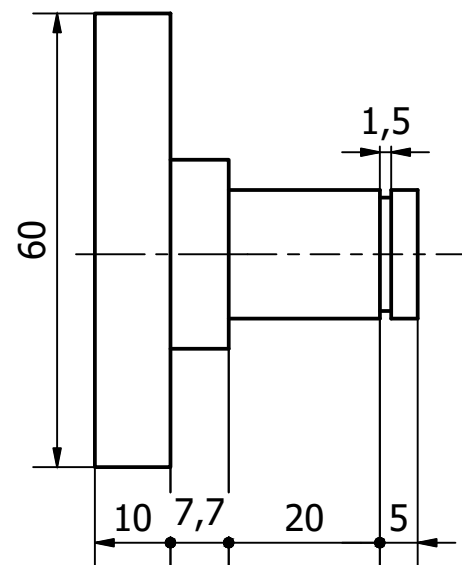
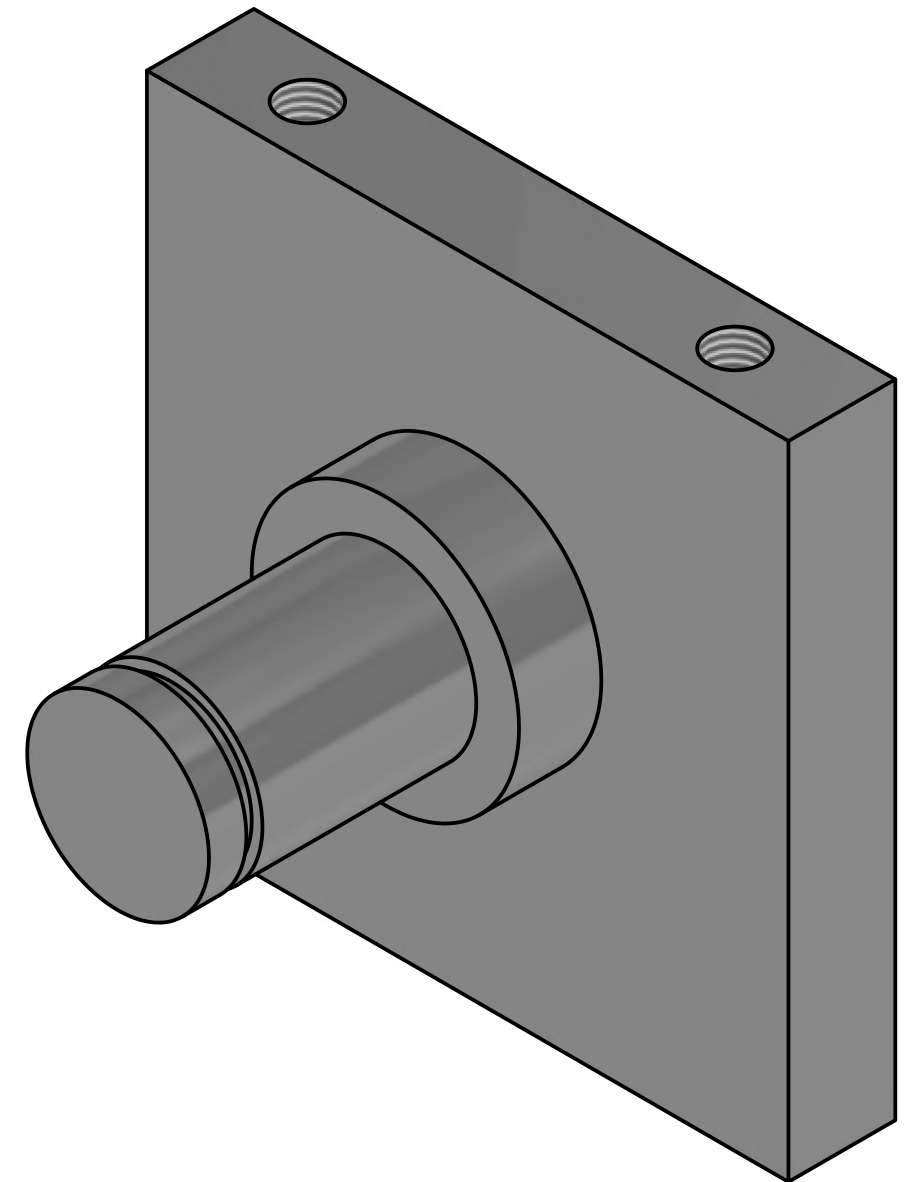
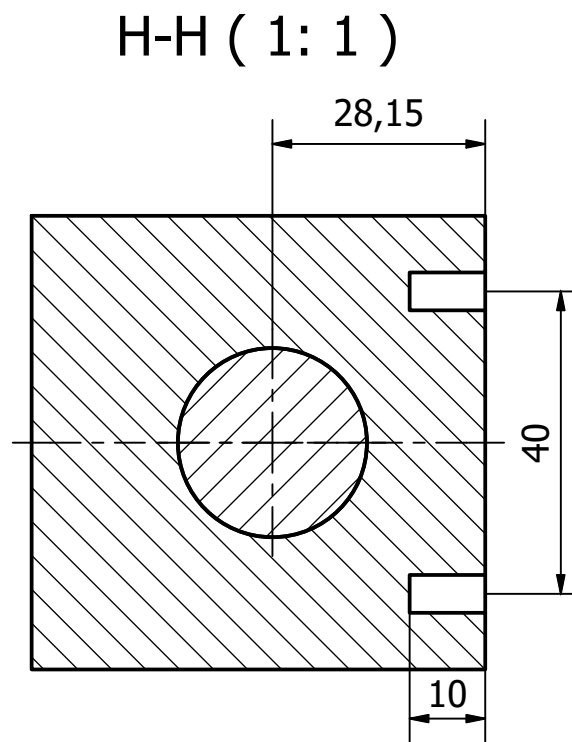
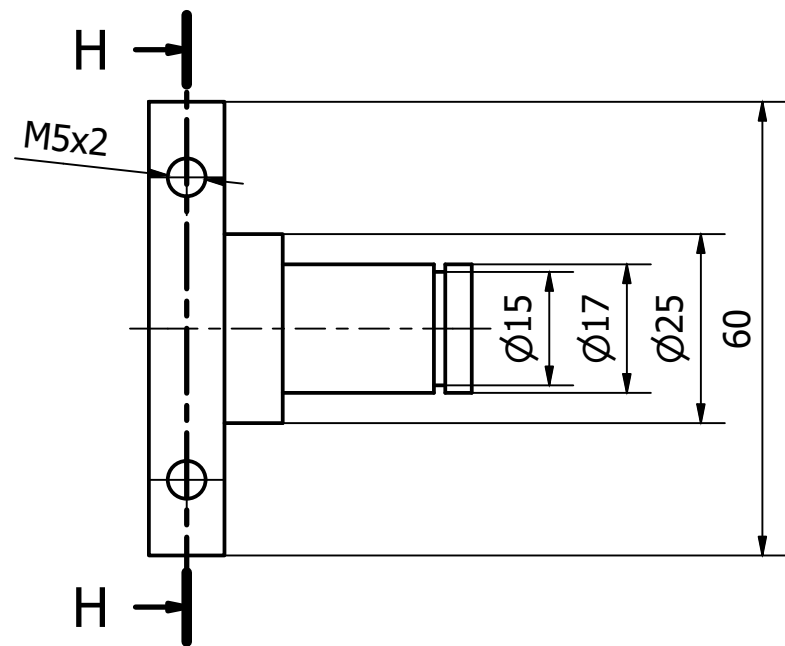
----	2	Brazo	Acero inoxidable	SAE 1018	----
Pos.	Cant.	Denominación	Material	Norma	Notas
VIII CICLO	Fecha	Nombre	 <b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b> SEDE MATRIZ CUENCA	<b>INGENIERÍAS</b> Carrera de Ingeniería Mecánica	
Dibujado	23/01/24	Juan Carangui			
Comprobado	16/02/24	Ing. E. Cárdenas			
Integración Curricular					
Escala:	Tol. gen.:	Subconjunto:			
2:1	ISO 2768-m	<b>Brazo movil</b>			
Lámina:	CAV 14				



----	2	Angulo	Acero inoxidable	SAE 1018	----
Pos.	Cant.	Denominación	Material	Norma	Notas
VIII CICLO	Fecha	Nombre	 <b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b> SEDE MATRIZ CUENCA	<b>INGENIERÍAS</b> Carrera de Ingeniería Mecánica	
Dibujado	23/01/24	Juan Carangui			
Comprobado	16/02/24	Ing. E. Cárdenas			
Integración Curricular					
Escala:	Tol. gen.:	Conjunto:			
2:1	ISO 2768-m	<b>Brazo movil</b>			
Lámina:	CAV 15				

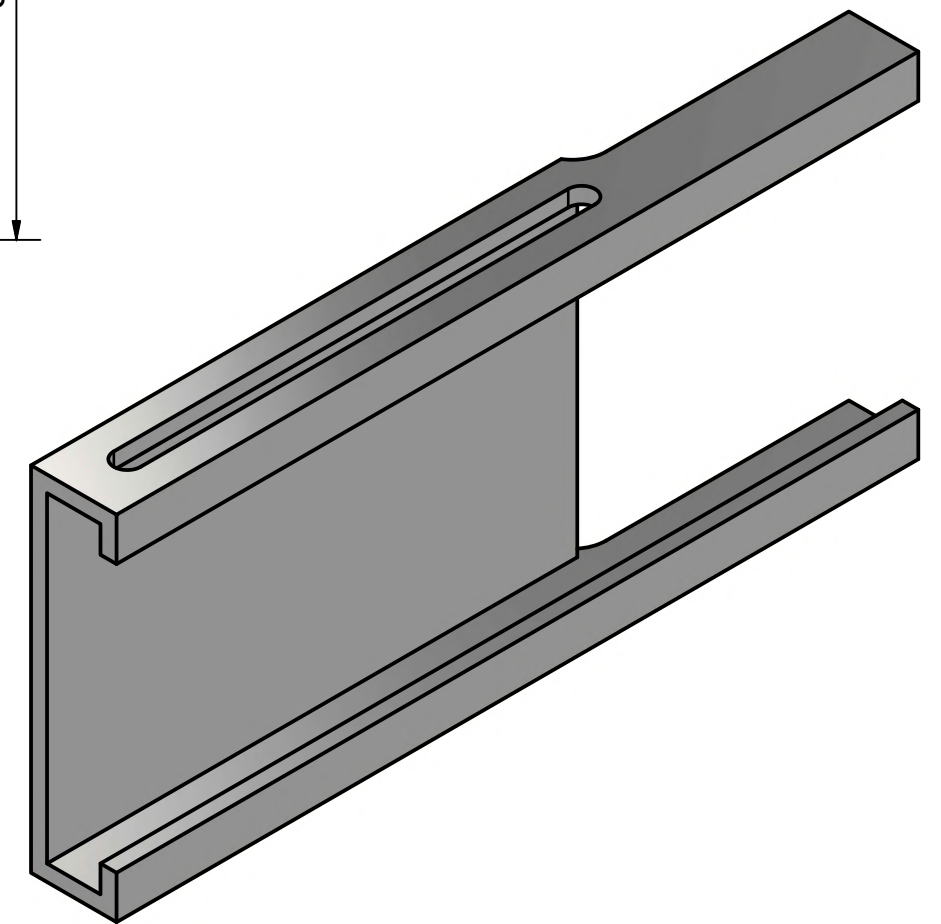
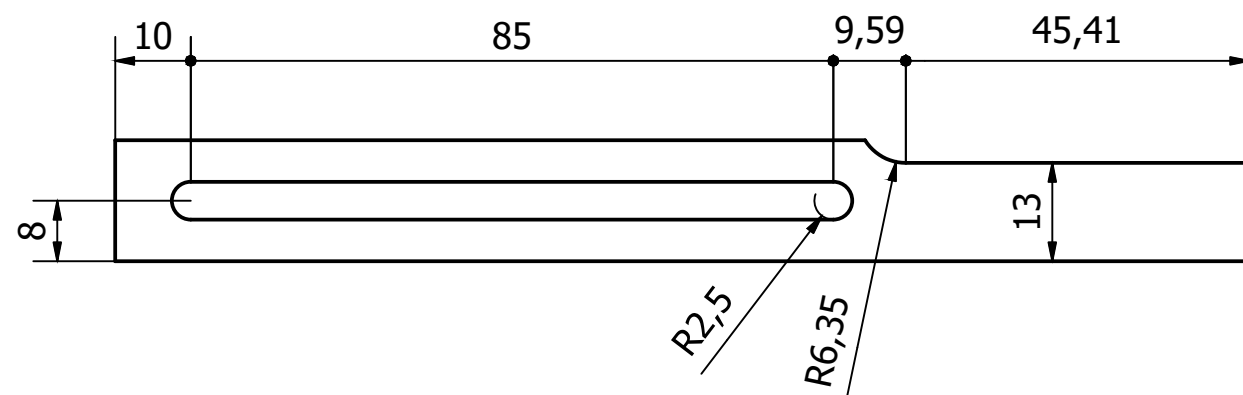
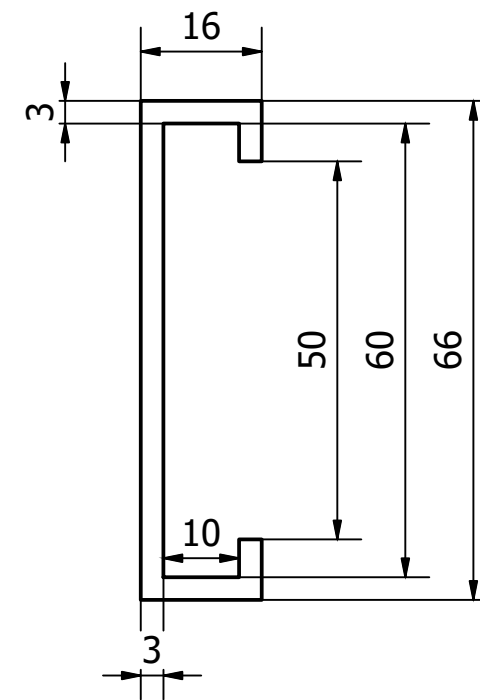
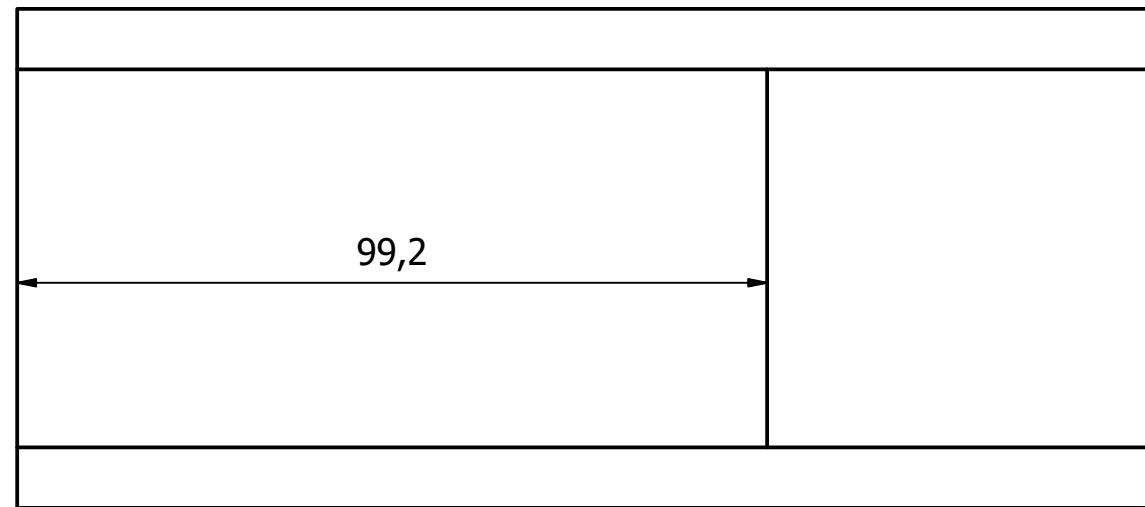


----	2	Tapa del brazo		Acero inoxidable	SAE 1018	----
Pos.	Cant.	Denominación		Material	Norma	Notas
VIII CICLO	Fecha	Nombre			<b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b> SEDE MATRIZ CUENCA  INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecánica	
Dibujado	23/01/24	Juan Carangui				
Comprobado	16/02/24	Ing. E. Cárdenas				
Integración Curricular						
Escala:	Tol. gen.:	Subconjunto:				
5:1	ISO 2768-m	<b>Brazo movil</b>				
Lámina:	CAV 16					

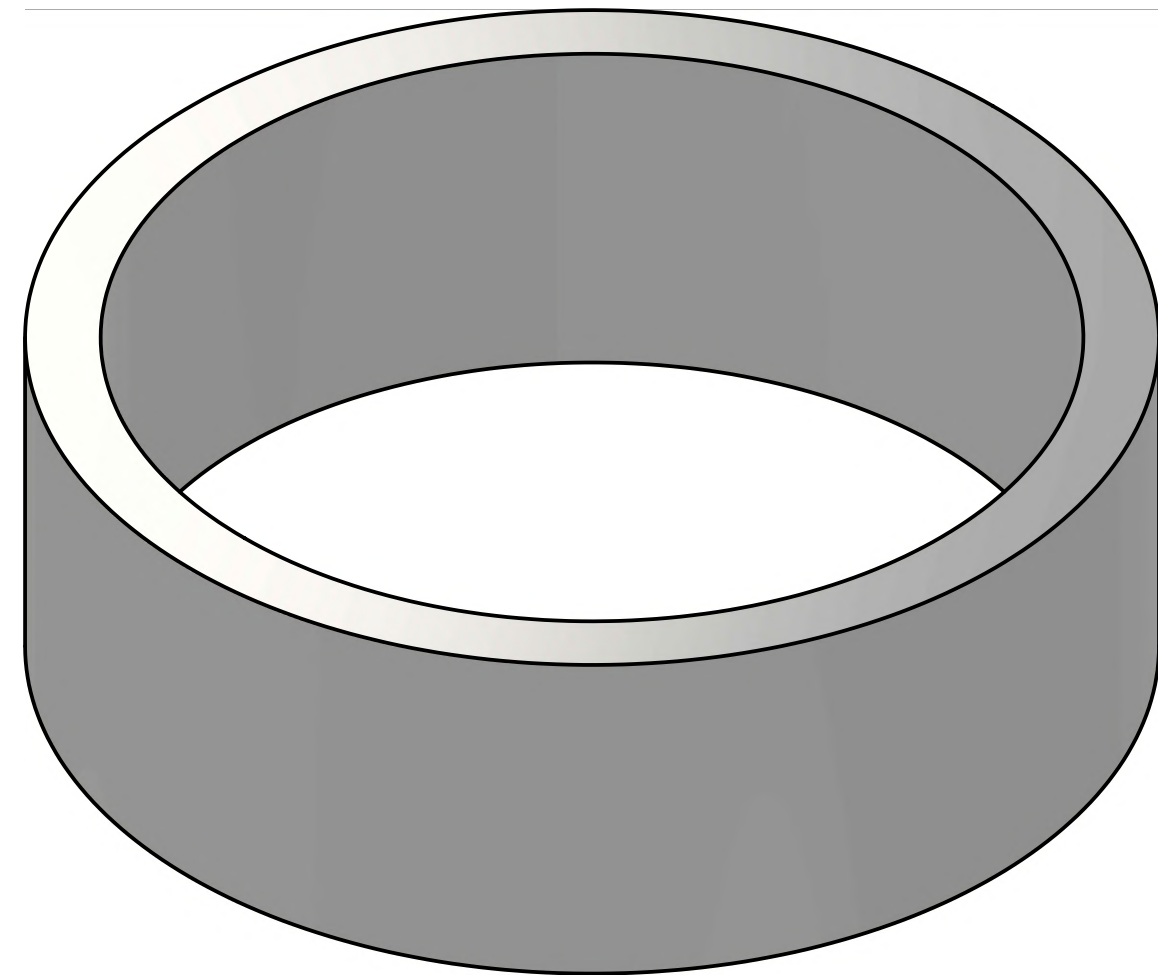
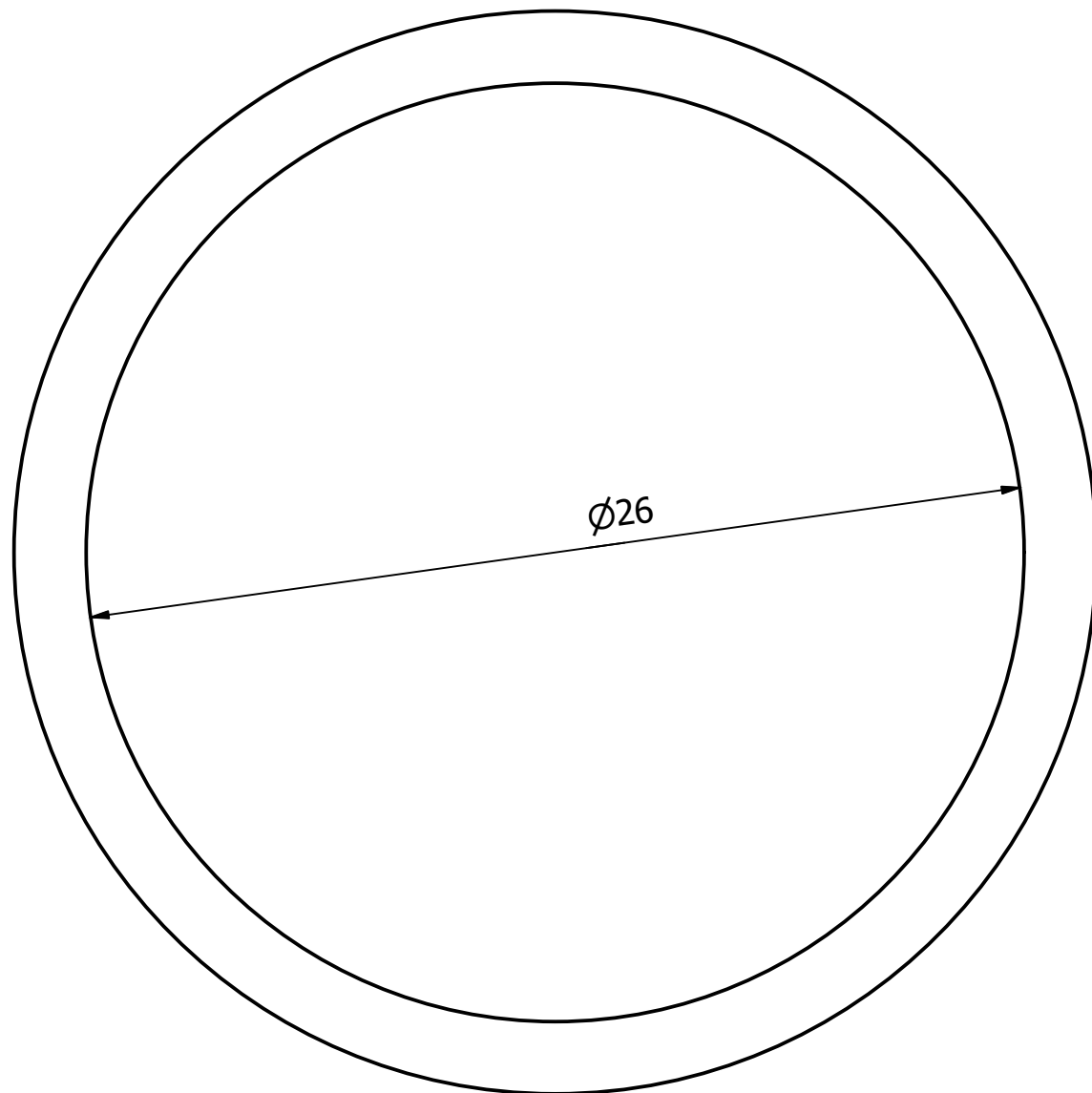
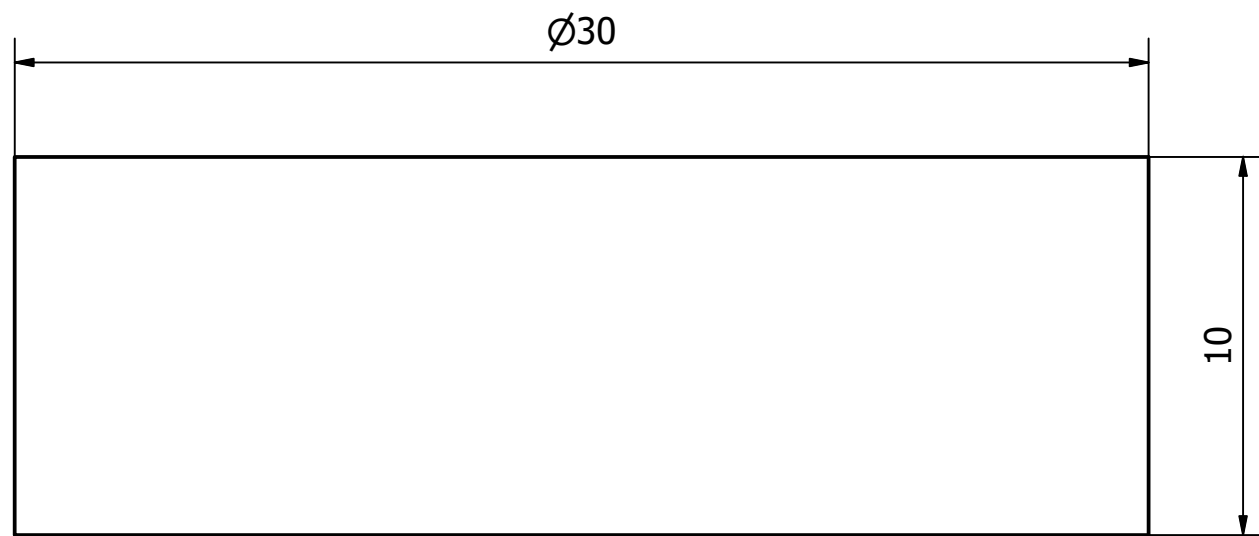


----	1	Soporte de catalina	Acero inoxidable	SAE 1018	----
Pos.	Cant.	Denominación	Material	Norma	Notas
VIII CICLO	Fecha	Nombre	<b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b> SEDE MATRIZ CUENCA INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecánica		
Dibujado	23/01/24	Juan Carangui			
Comprobado	16/02/24	Ing. E. Cárdenas			
Integración Curricular					
Escala:	Tol. gen.:	Conjunto:			
2:1	ISO 2768-m				
Lámina:	CAV 17	<b>Maquina trituradora de cacao</b>			

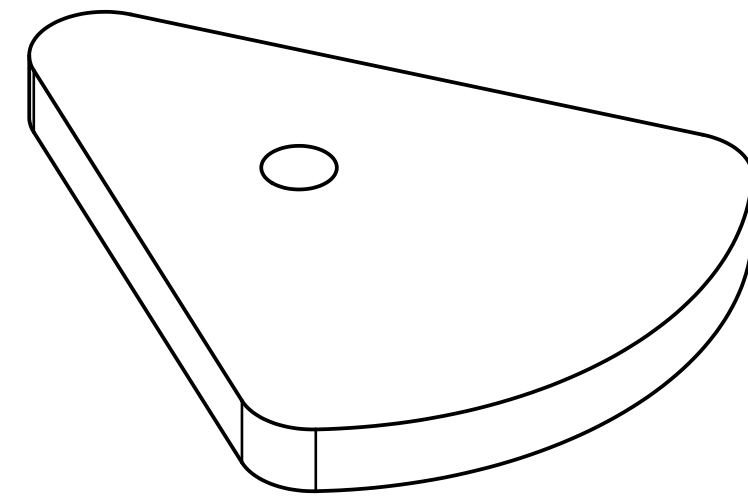
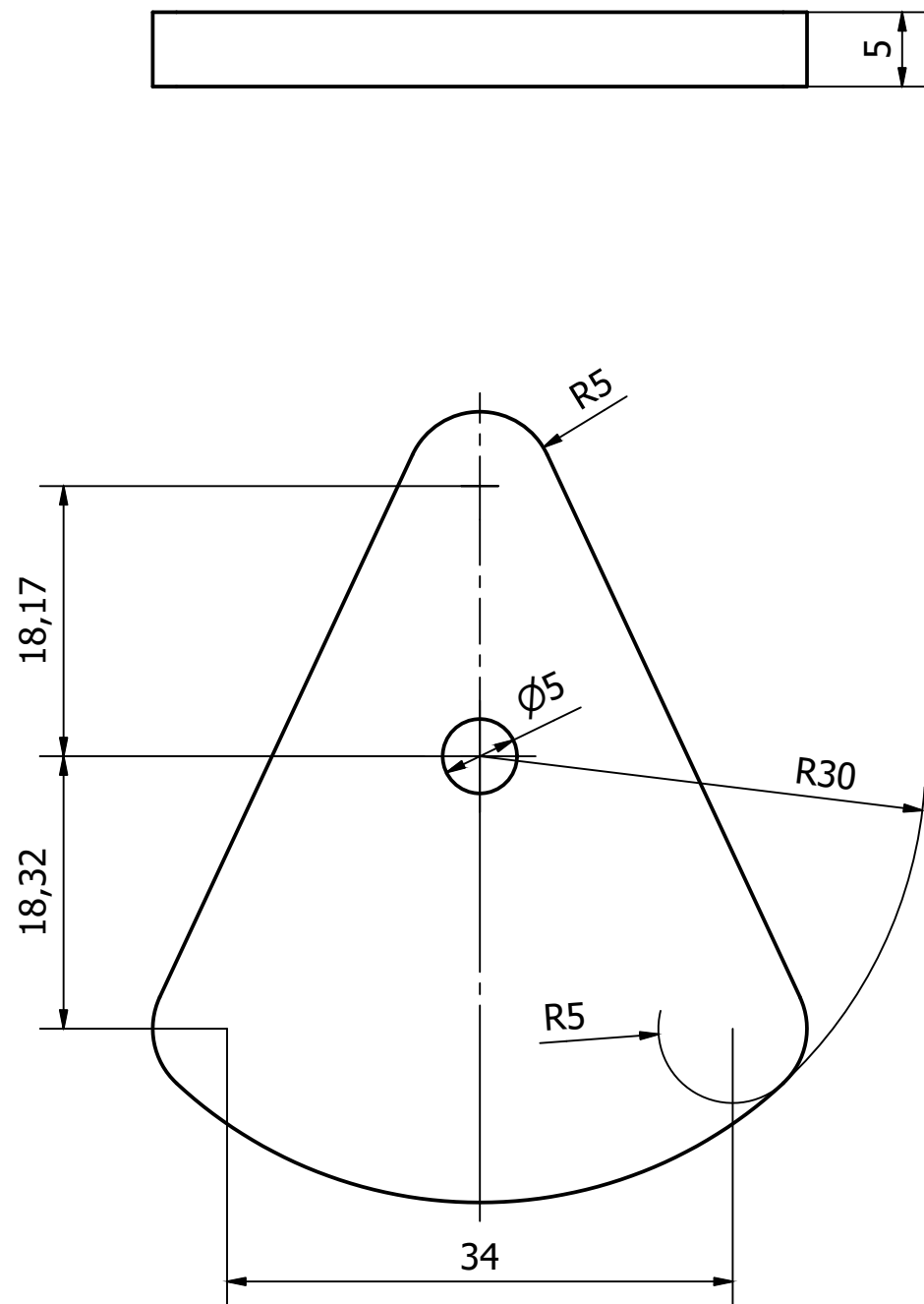




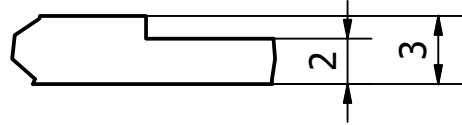
----	1	Soporte tensor	Acero inoxidable	SAE 1018	----
Pos.	Cant.	Denominación	Material	Norma	Notas
VIII CICLO	Fecha	Nombre	 <b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b> SEDE MATRIZ CUENCA	<b>INGENIERÍAS</b> Carrera de Ingeniería Mecánica	
Dibujado	23/01/24	Juan Carangui			
Comprobado	16/02/24	Ing. E. Cárdenas			
Integración Curricular					
Escala:	Tol. gen.:	Conjunto:			
1:1	ISO 2768-m	<b>Maquina trituradora de cacao</b>			
Lámina:	CAV 18				

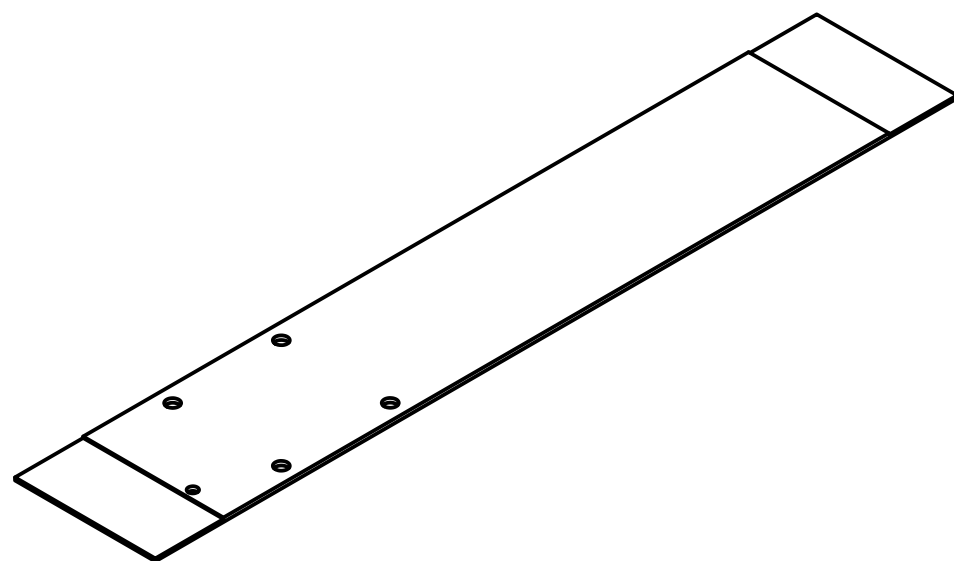
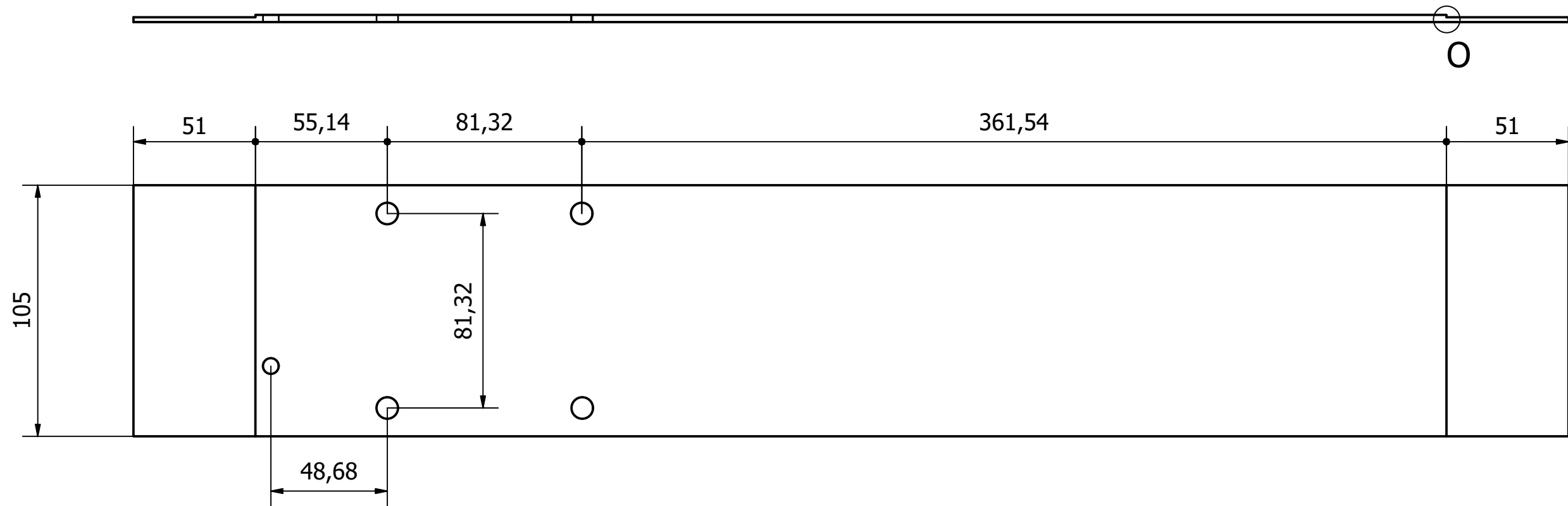



----	4	Encaje de resortes	Acero inoxidable	SAE 1018	----
Pos.	Cant.	Denominación	Material	Norma	Notas
VIII CICLO	Fecha	Nombre	 <b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b> SEDE MATRIZ CUENCA	<b>INGENIERÍAS</b> Carrera de Ingeniería Mecánica	
Dibujado	23/01/24	Juan Carangui			
Comprobado	16/02/24	Ing. E. Cárdenas			
Integración Curricular					
Escala: 5:1	Tol. gen.: ISO 2768-m	Conjunto:			
Lámina: CAV 19	<b>Maquina trituradora de cacao</b>				

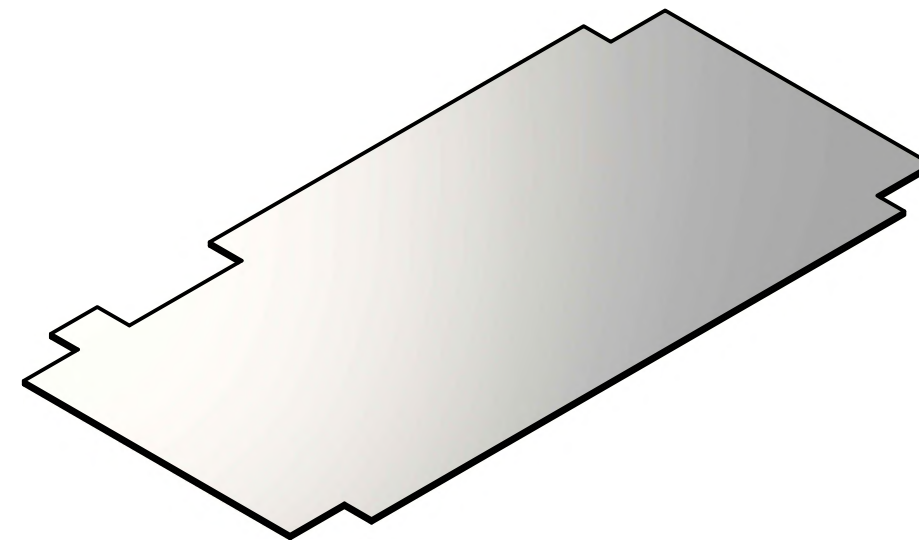
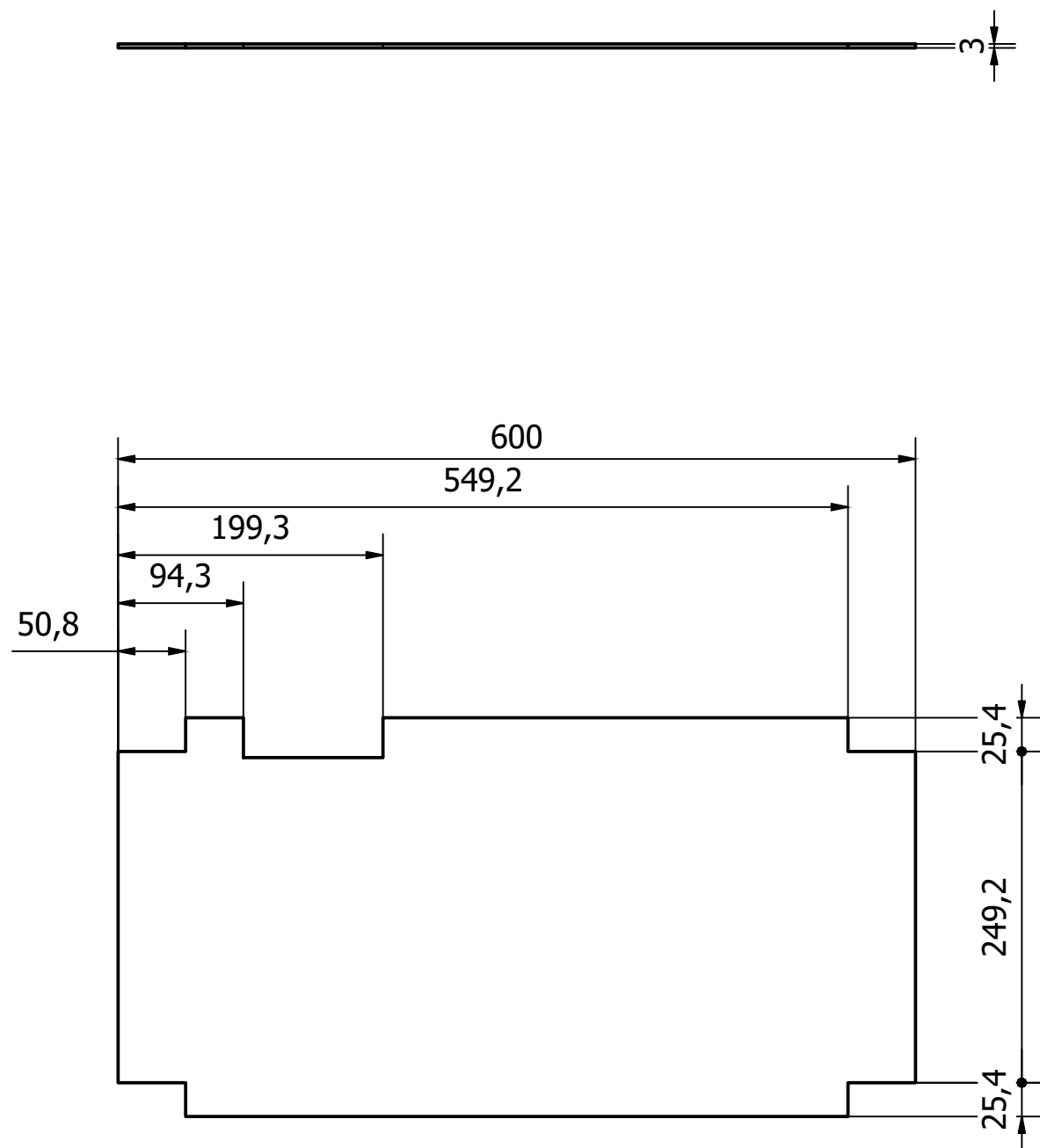



----	1	Vibrador	Acero inoxidable	SAE 1018	----
Pos.	Cant.	Denominación	Material	Norma	Notas
VIII CICLO	Fecha	Nombre		<b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b> SEDE MATRIZ CUENCA  INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecánica	
Dibujado	23/01/24	Juan Carangui			
Comprobado	16/02/24	Ing. E. Cárdenas			
Integración Curricular					
Escala:	Tol. gen.:	Conjunto:			
2:1	ISO 2768-m				
Lámina:	CAV 20	<b>Maquina trituradora de cacao</b>			

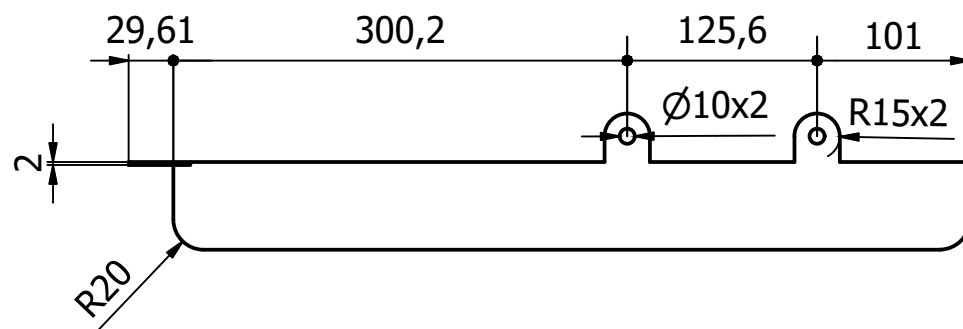
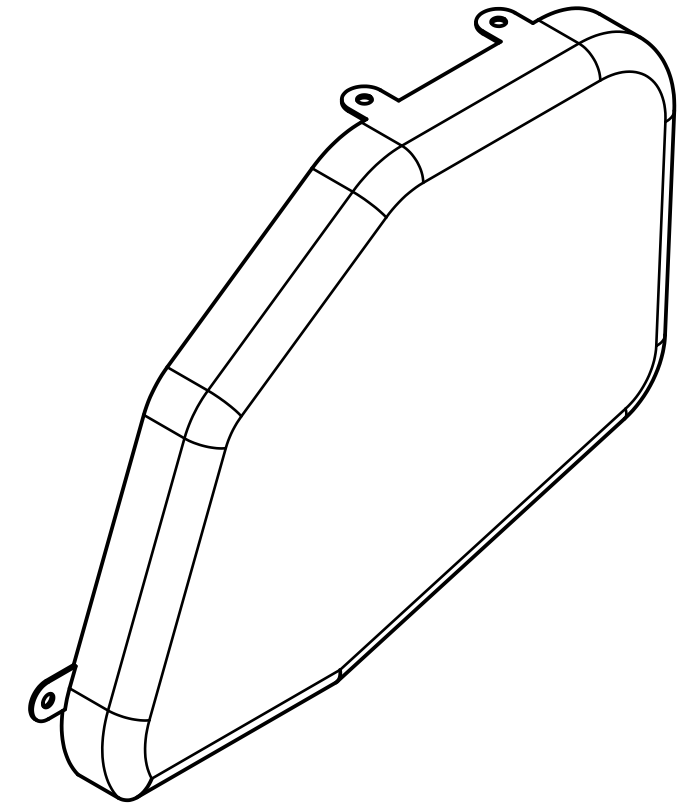
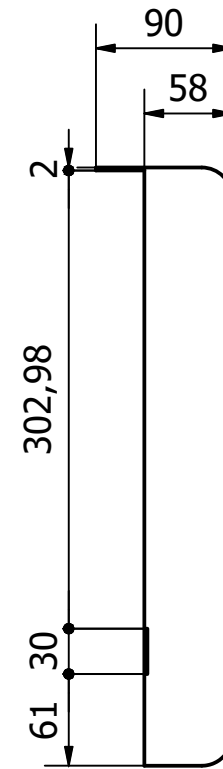
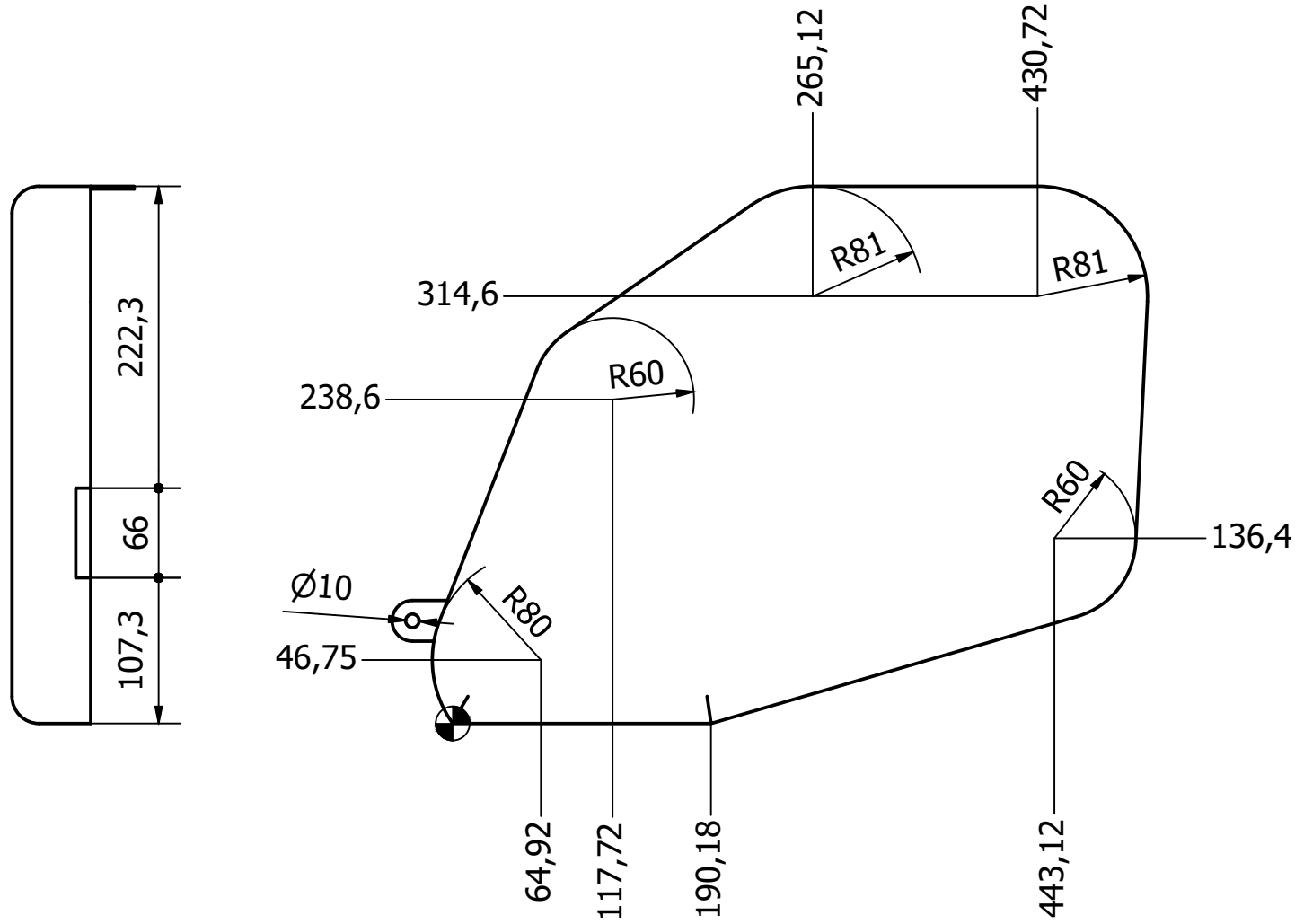
O ( 3:1 ) 



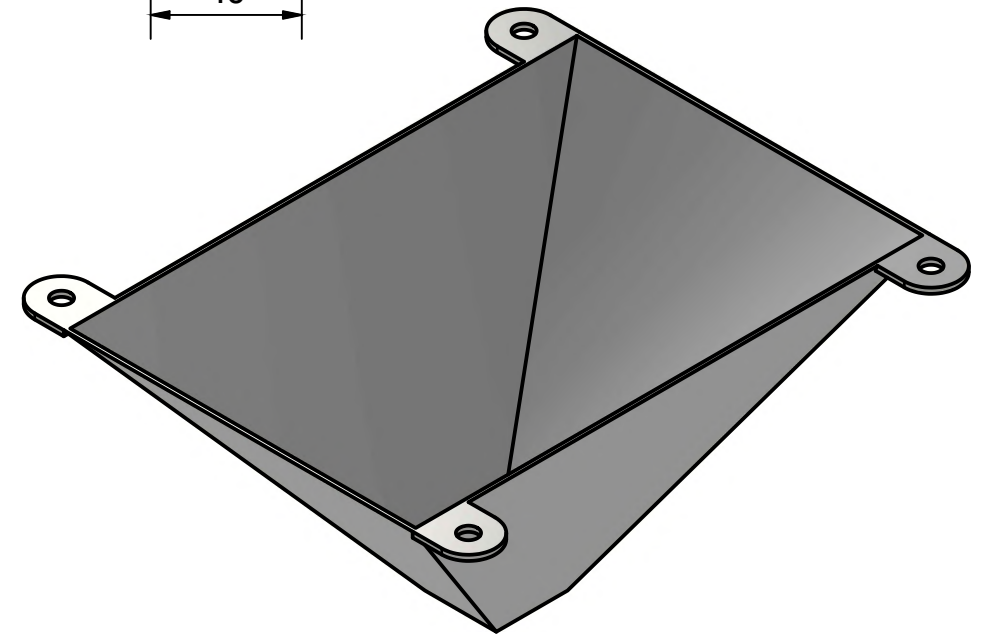
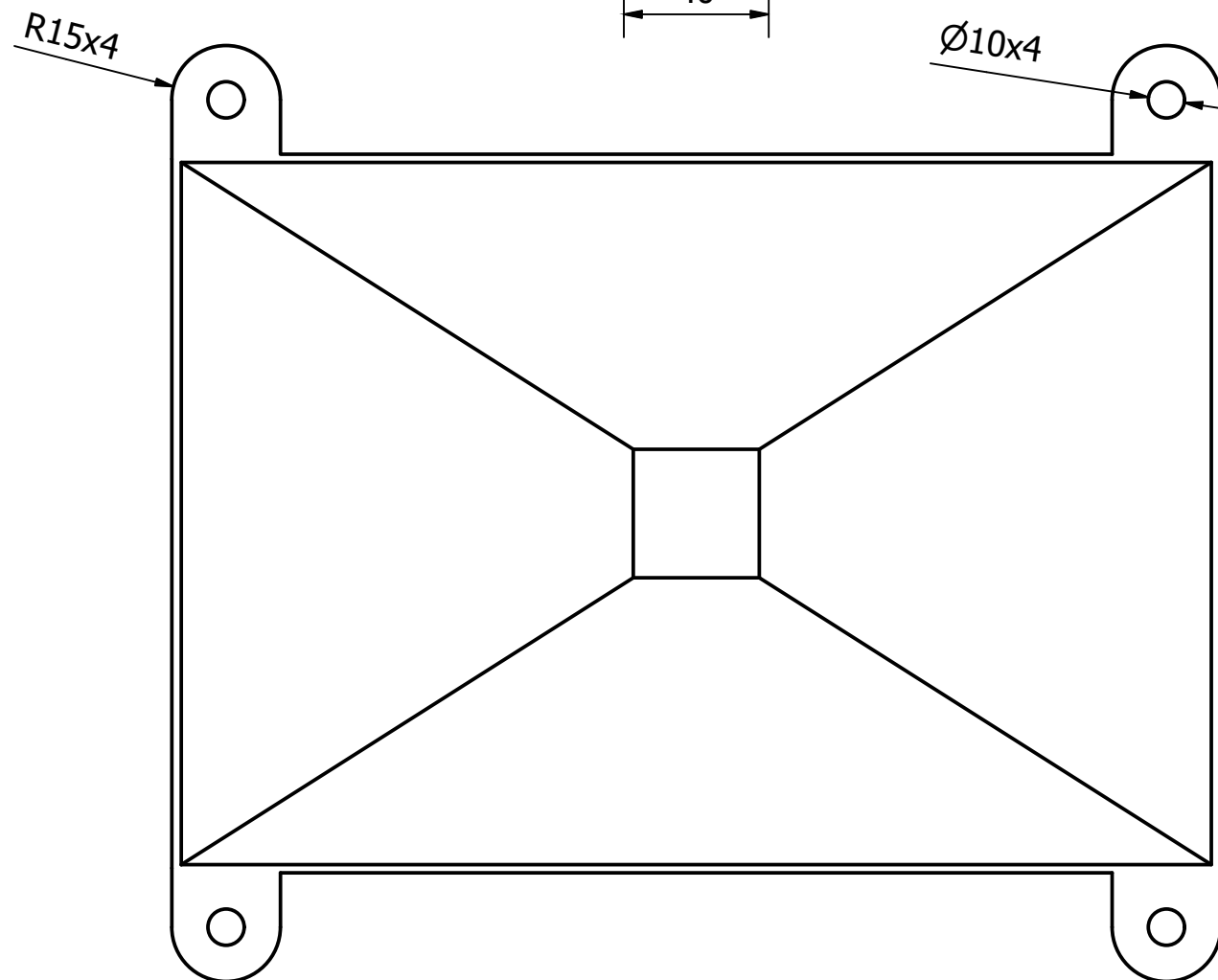
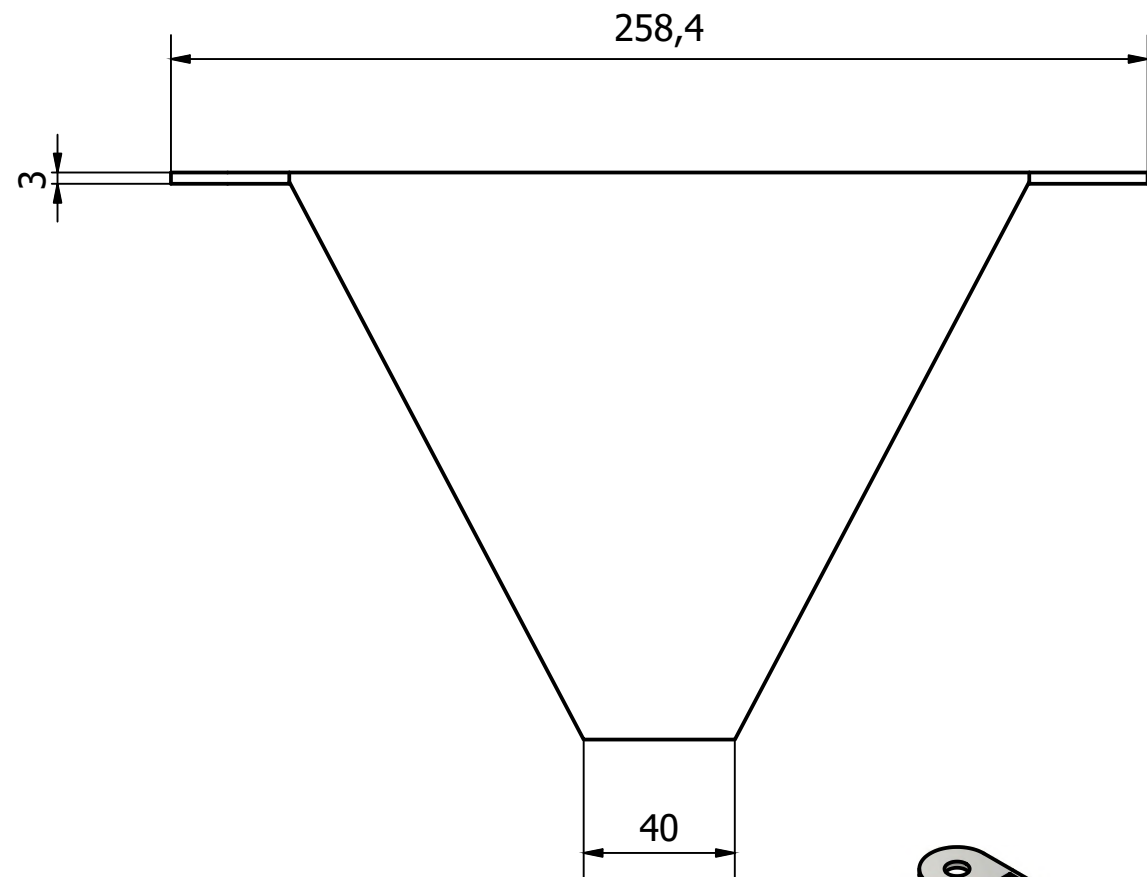
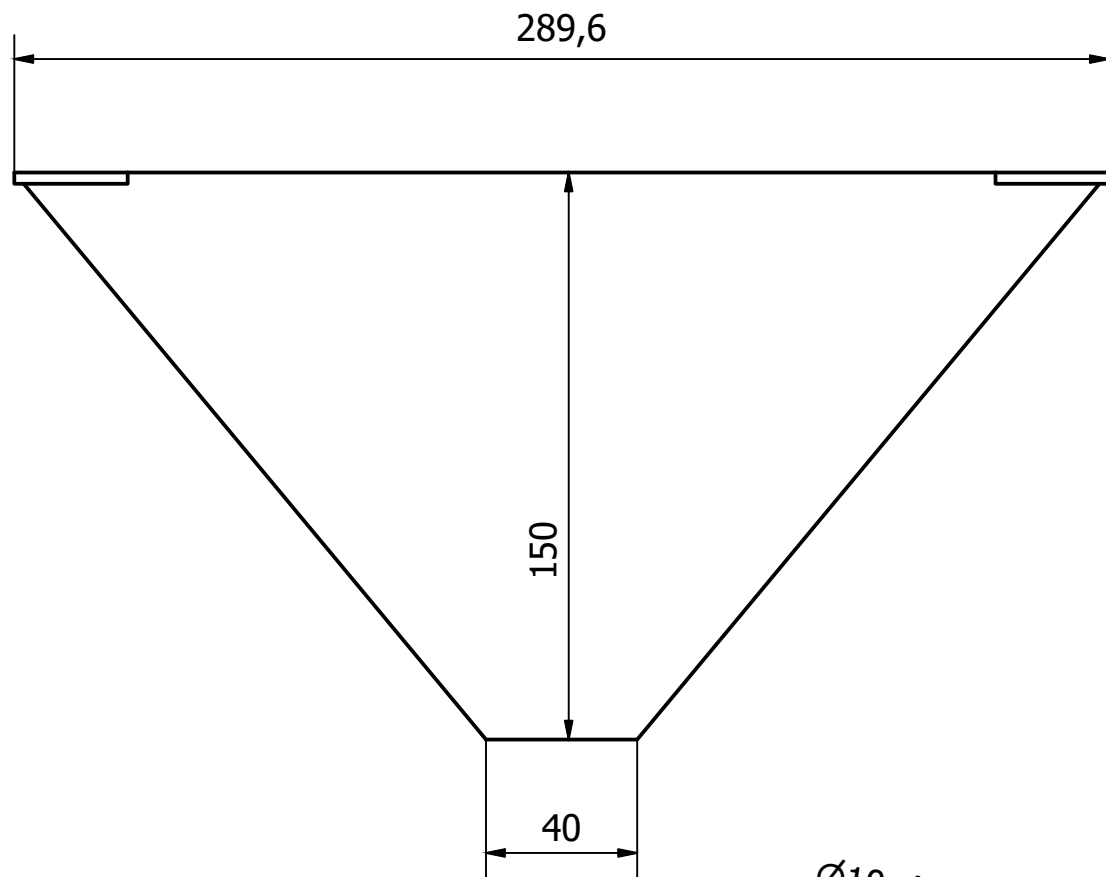
----	1	Soporte lateral motor	Acero inoxidable	SAE 1018	----
Pos.	Cant.	Denominación	Material	Norma	Notas
VIII CICLO	Fecha	Nombre	 <b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b> SEDE MATRIZ CUENCA	INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecánica	
Dibujado	23/01/24	Juan Carangui			
Comprobado	16/02/24	Ing. E. Cárdenas			
Integración Curricular					
Escala:	Tol. gen.:	Conjunto:			
1:2	ISO 2768-m				
Lámina:	CAV 21	<b>Maquina trituradora de cacao</b>			



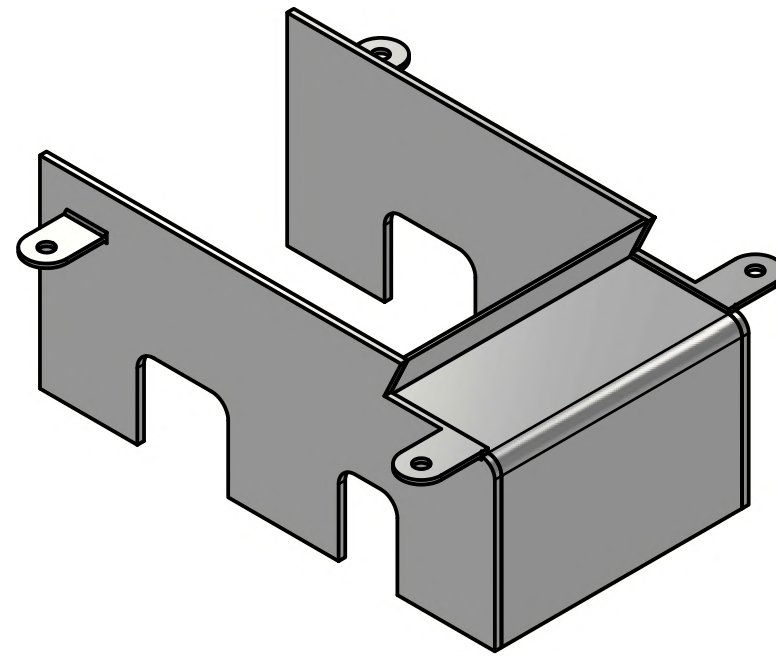
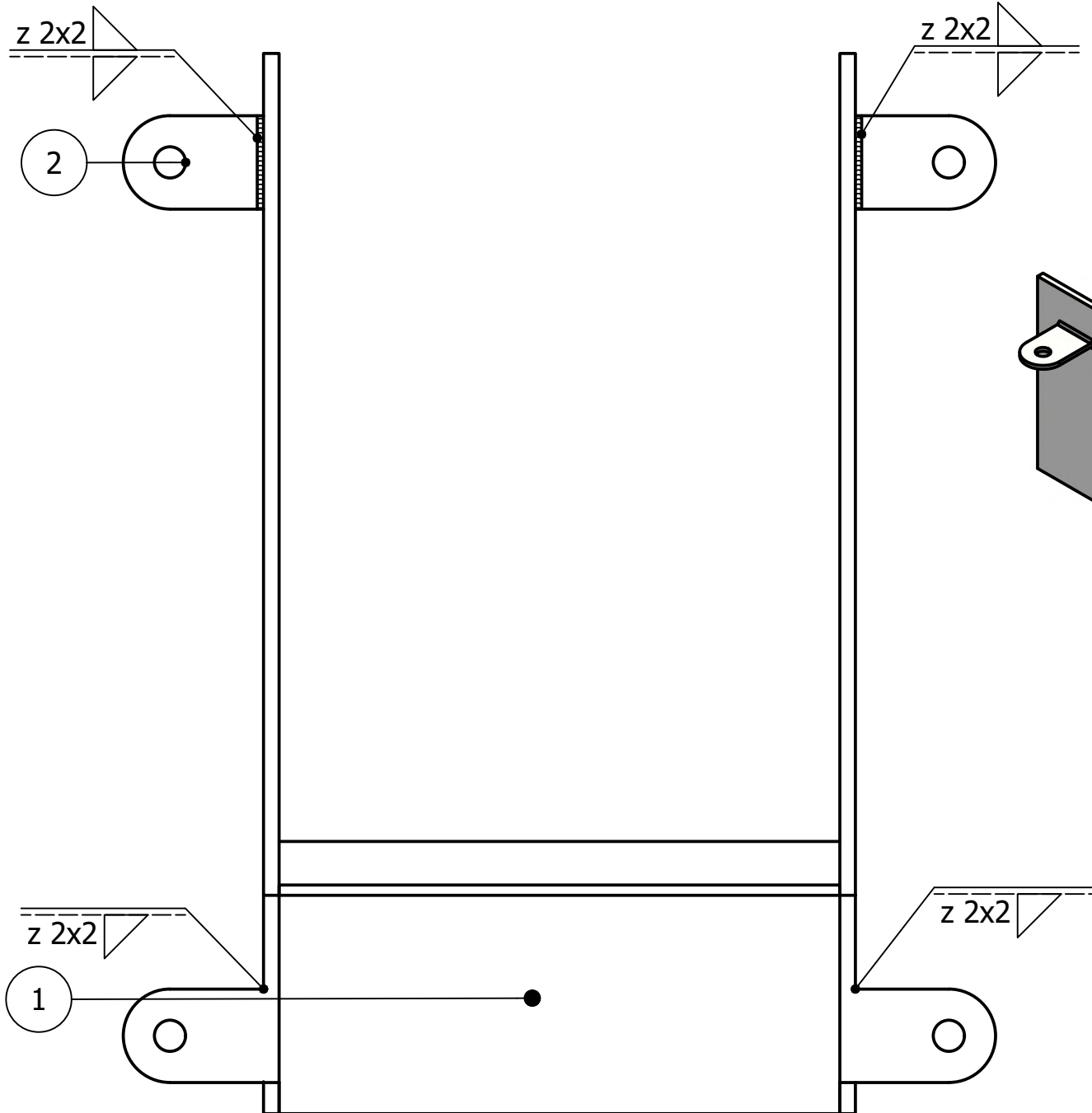
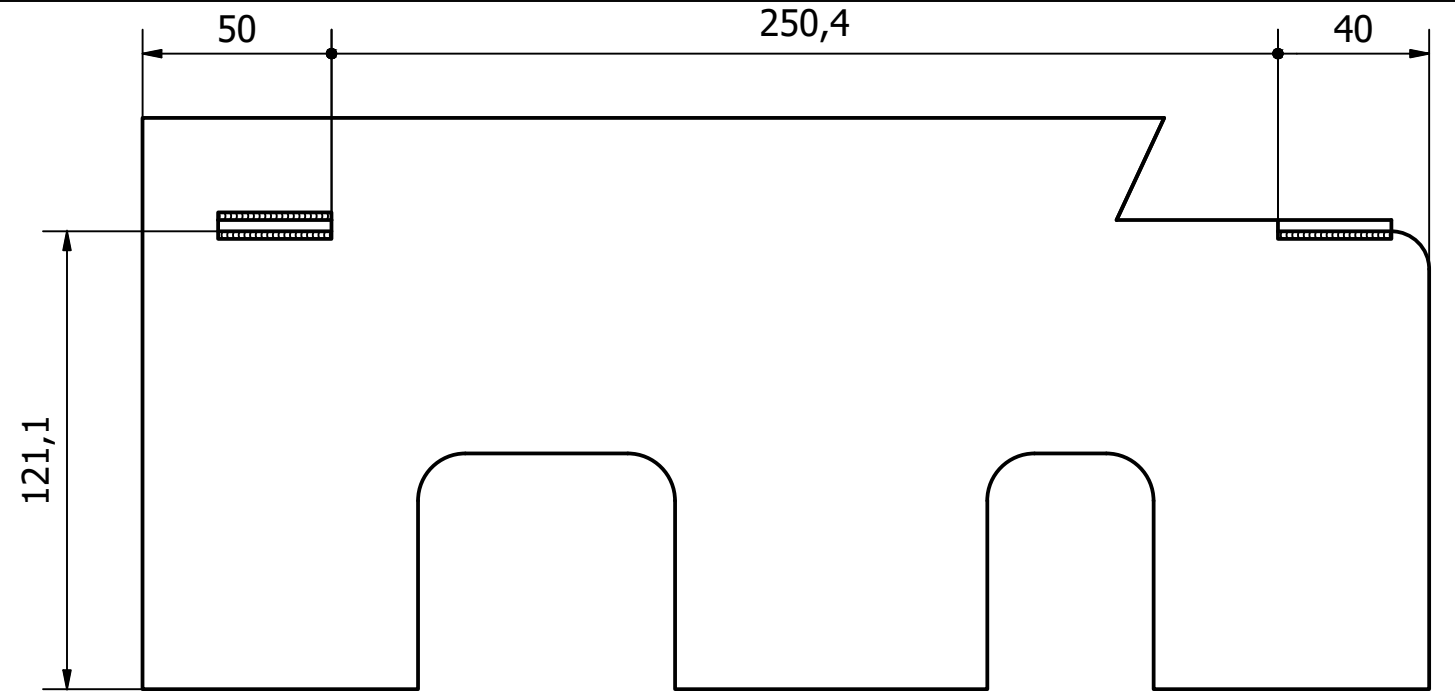
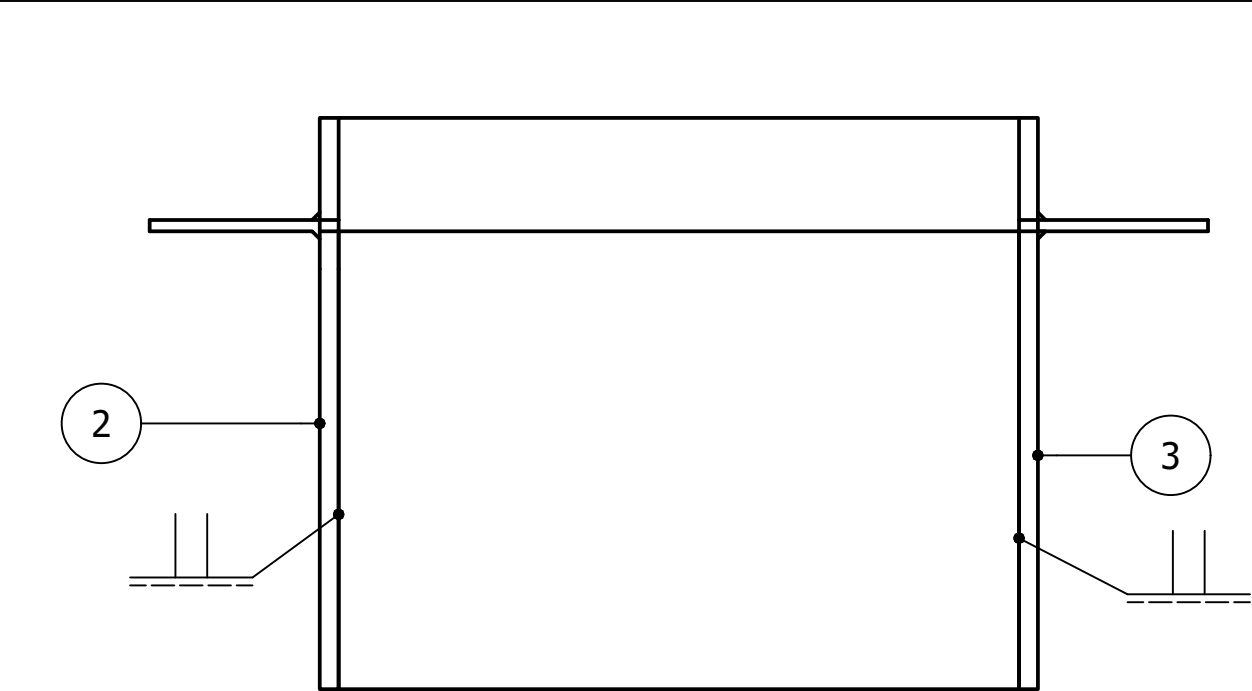
----	1	Base del motor	Acero inoxidable	SAE 1018	----
Pos.	Cant.	Denominación	Material	Norma	Notas
VIII CICLO	Fecha	Nombre	 <b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b> SEDE MATRIZ CUENCA	<b>INGENIERÍAS</b> Carrera de Ingeniería Mecánica	
Dibujado	23/01/24	Juan Carangui			
Comprobado	16/02/24	Ing. E. Cárdenas			
Integración Curricular					
Escala:	Tol. gen.:	Conjunto:			
5:1	ISO 2768-m	<b>Maquina trituradora de cacao</b>			
Lámina:	CAV 22				



----	1	Cobertor	Acero inoxidable	SAE 1018	----
Pos.	Cant.	Denominación	Material	Norma	Notas
VIII CICLO	Fecha	Nombre	<b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b> SEDE MATRIZ CUENCA INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecánica		
Dibujado	23/01/24	Juan Carangui			
Comprobado	16/02/24	Ing. E. Cárdenas			
Integración Curricular					
Escala:	Tol. gen.:	Conjunto:			
5:1	ISO 2768-m				
Lámina:	CAV 23	<b>Maquina trituradora de cacao</b>			



----	1	Tolva de salida		Acero inoxidable	SAE 1018	----
Pos.	Cant.	Denominación		Material	Norma	Notas
VIII CICLO	Fecha	Nombre		 <b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b> SEDE MATRIZ CUENCA		
Dibujado	23/01/24	Juan Carangui				
Comprobado	16/02/24	Ing. E. Cárdenas				
Integración Curricular				<b>INGENIERÍAS</b> Carrera de Ingeniería Mecánica		
Escala: 1:2	Tol. gen.: ISO 2768-m	Conjunto:				
Lámina: CAV 24	<b>Maquina trituradora de cacao</b>					

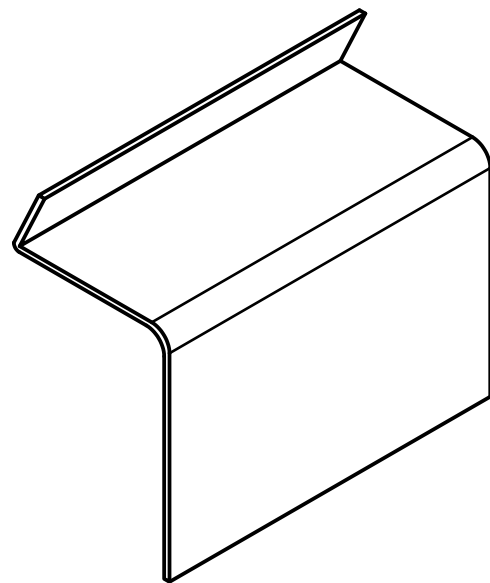
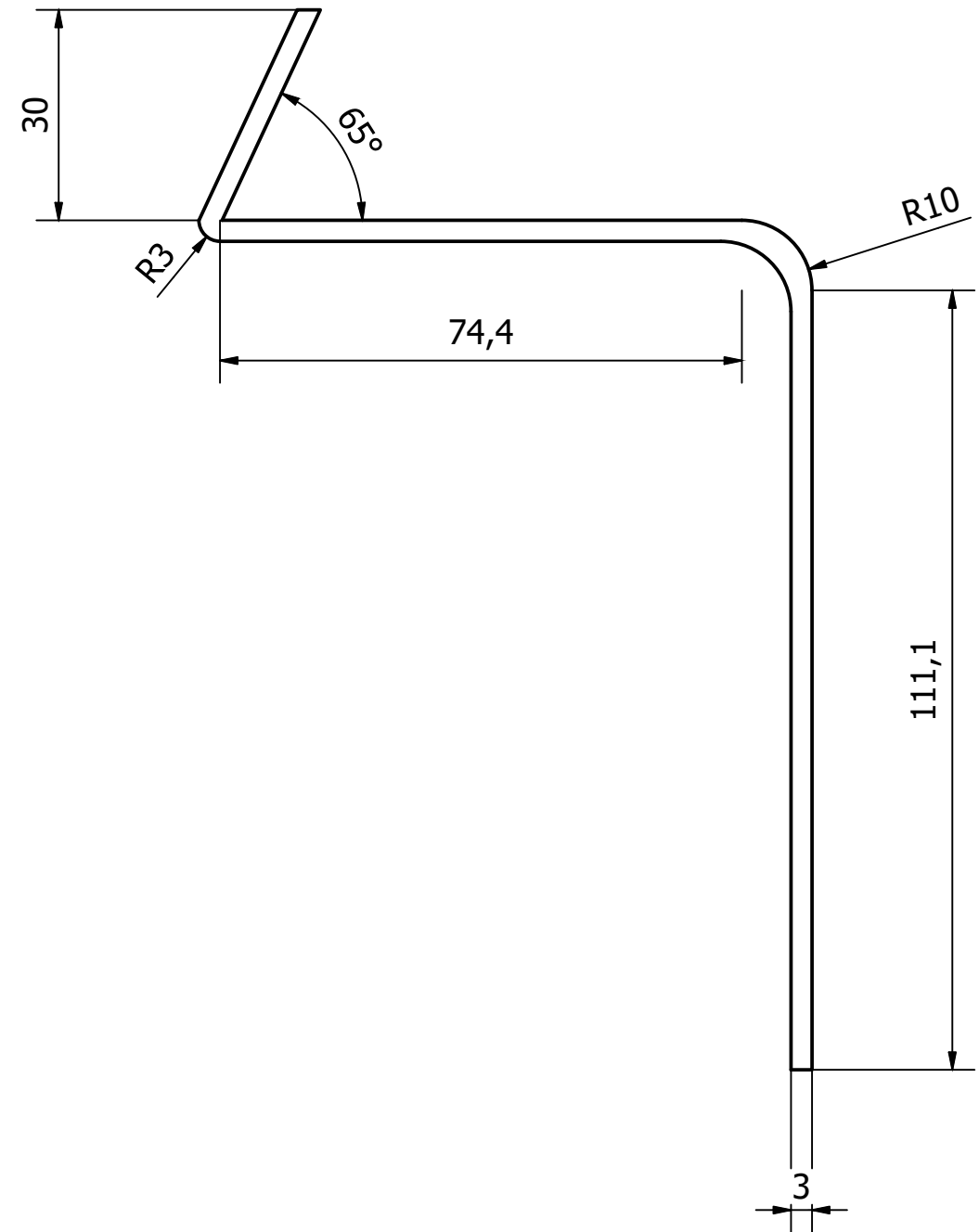
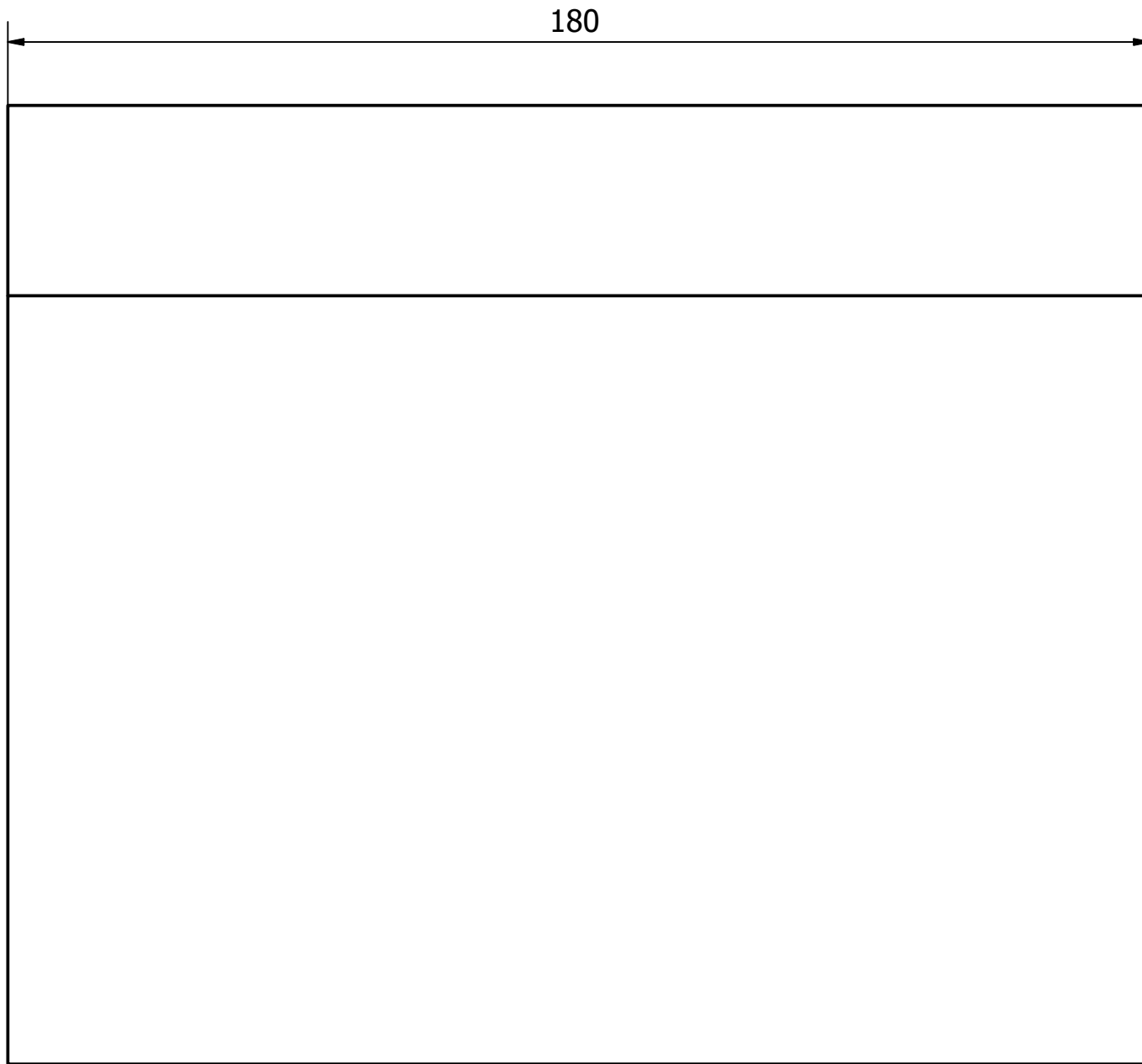


Lista de piezas		
Pieza	Cantidad	Numero de pieza
1	1	Cobertura frontal
2	1	Oreja
3	1	Cobertura lateral

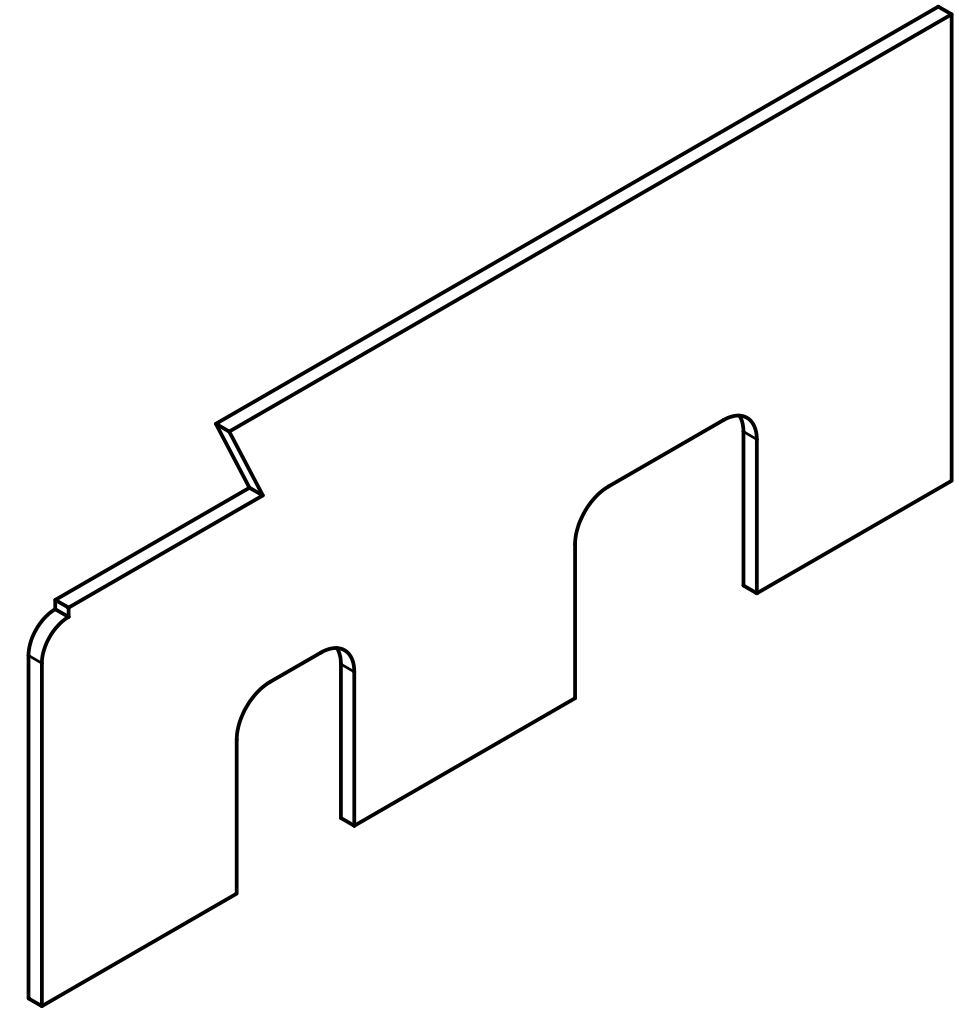
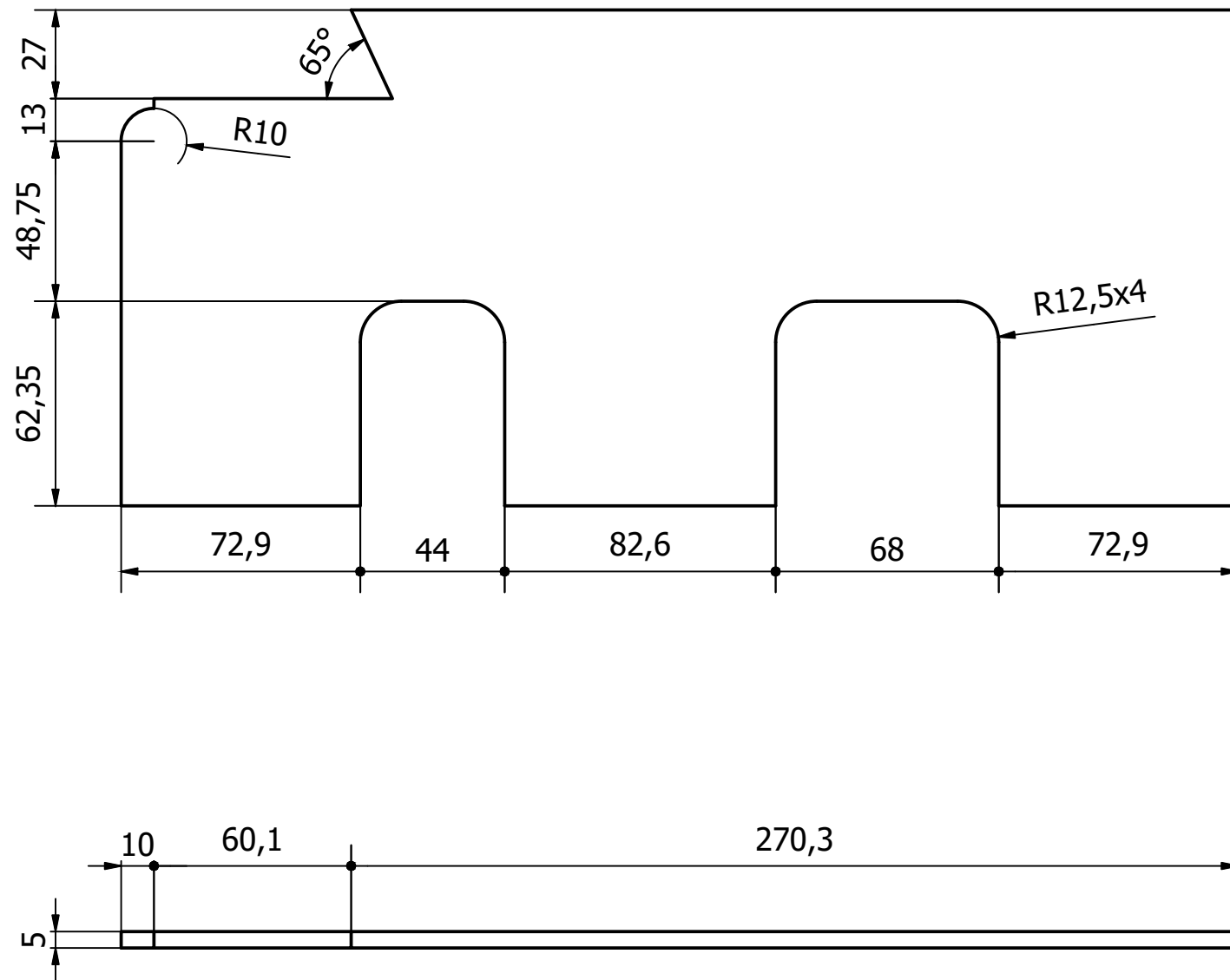
Pos.	Cant.	Denominación	Material	Norma	Notas
----	1	Coberturas rodillos	Acero inoxidable	SAE 1018	----
VIII CICLO	Fecha	Nombre	<b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b> SEDE MATRIZ CUENCA INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecánica		
Dibujado	23/01/24	Juan Carangui			
Comprobado	16/02/24	Ing. E. Cárdenas			
Integración Curricular					
Escala:	Tol. gen.:	Conjunto:			
1:5	ISO 2768-m				
Lámina:	CAV 25				

**Maquina trituradora de cacao**

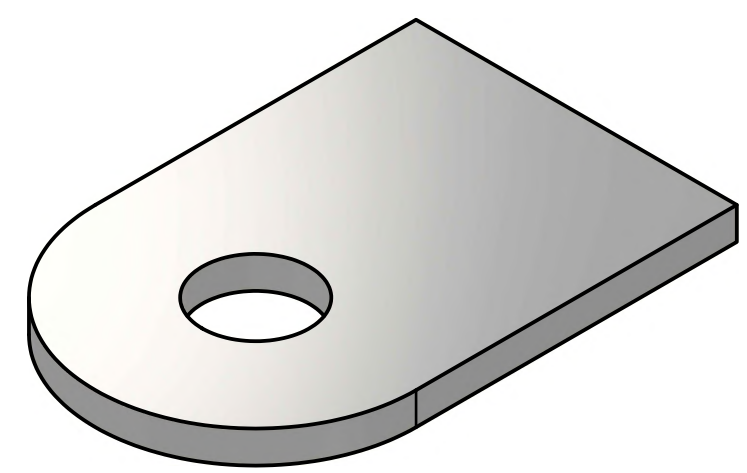
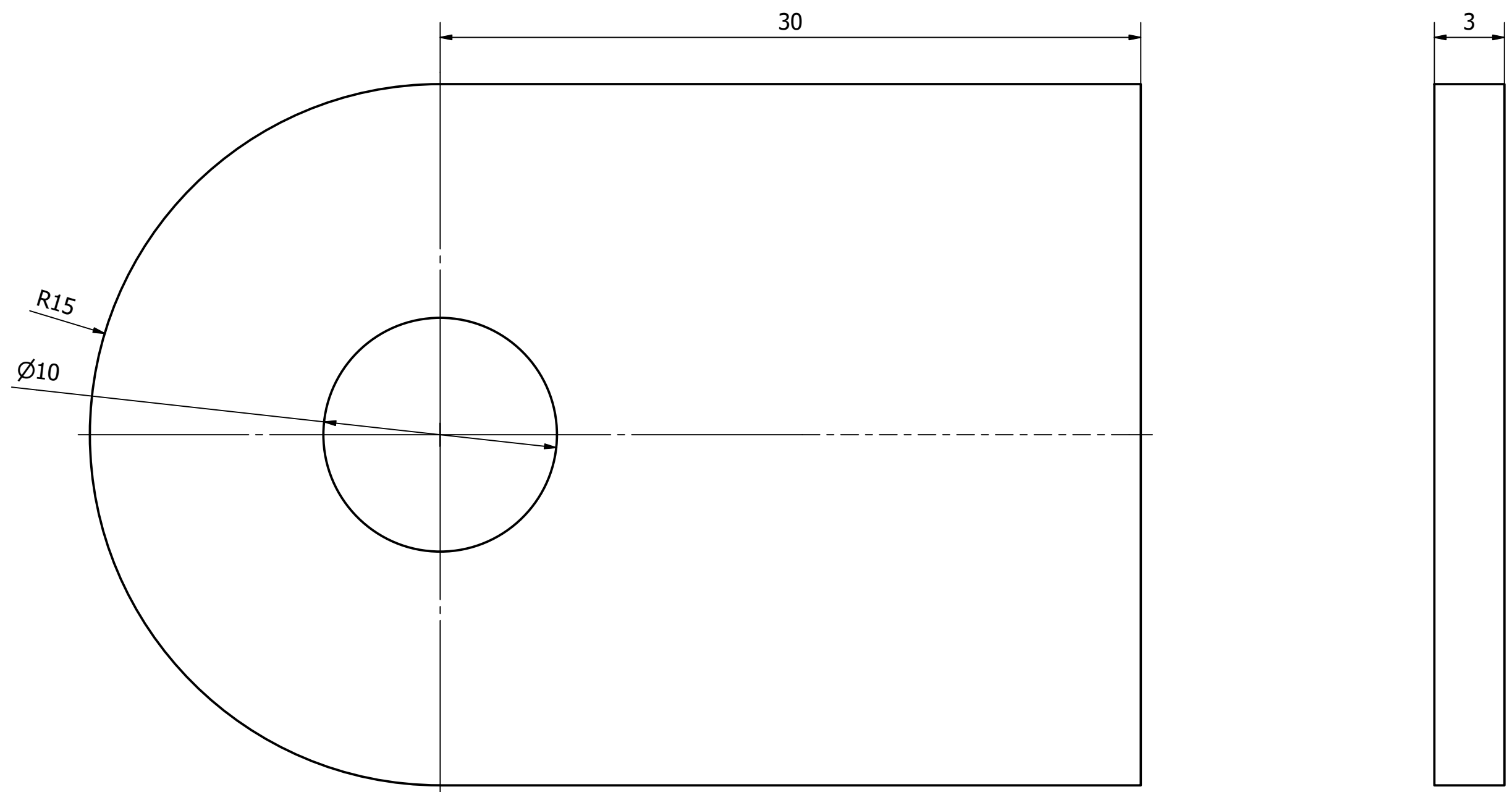




----	1	Cobertura frontal	Acero inoxidable	SAE 1018	----
Pos.	Cant.	Denominación	Material	Norma	Notas
VIII CICLO	Fecha	Nombre	<b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b> SEDE MATRIZ CUENCA INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecánica		
Dibujado	23/01/24	Juan Carangui			
Comprobado	16/02/24	Ing. E. Cárdenas			
Integración Curricular					
Escala:	Tol. gen.:	Suconjunto:			
1:1	ISO 2768-m	<b>Coberturas rodillos</b>			
Lámina:	CAV 26				



----	2	Cover lateral	Acero inoxidable	SAE 1018	----
Pos.	Cant.	Denominación	Material	Norma	Notas
VIII CICLO	Fecha	Nombre	<b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b> SEDE MATRIZ CUENCA INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecánica		
Dibujado	23/01/24	Juan Carangui			
Comprobado	16/02/24	Ing. E. Cárdenas			
Integración Curricular					
Escala:	Tol. gen.:	Subconjunto:			
2:1	ISO 2768-m	<b>Coberturas rodillos</b>			
Lámina:	CAV 27				



----	4	Oreja	Acero inoxidable	SAE 1018	----
Pos.	Cant.	Denominación	Material	Norma	Notas
VIII CICLO	Fecha	Nombre	<b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b> SEDE MATRIZ CUENCA INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecánica		
Dibujado	23/01/24	Juan Carangui			
Comprobado	16/02/24	Ing. E. Cárdenas			
Integración Curricular					
Escala:	Tol. gen.:	Subconjunto:			
5:1	ISO 2768-m	<b>Rodillos trituradores</b>			
Lámina:	CAV 28				