

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la  
Producción**

“Construcción de una piladora de arroz de 150 kg/h para la comunidad de  
Paipayales”

**PROYECTOR INTEGRADOR**

Previo la obtención del título de:

**Ingeniero Mecánico**

Presentado por:

Kevin Javier Toala Vite

Andrés Josué Pinargote Caicedo

**GUAYAQUIL – ECUADOR**

Año: 2022

## **DEDICATORIA**

A mi padre, quien una vez soñó que llegaría este momento.

**Kevin Javier Toala Vite**

A Laila por su amor incondicional.

**Andrés Josué Pinargote Caicedo**

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a mis padres, a mi novia, y a todas las personas que me ayudaron a alcanzar este logro.

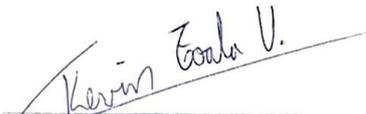
**Kevin Javier Toala Vite**

Agradezco a el Dr. Eduardo Adán Castillo Orozco por su invaluable guía a través del camino de la excelencia y el éxito.

**Andrés Josué Pinargote Caicedo**

## DECLARACIÓN EXPRESA

"Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Kevin Javier Toala Vite* y *Andrés Josué Pinargote Caicedo* damos nuestro consentimiento para que la ESPOI realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"

  
Kevin Javier Toala Vite

  
Andrés Josué Pinargote Caicedo

# EVALUADORES

---

**Emérita Delgado, PhD.**

PROFESOR DE LA MATERIA

---

**MBA. Ernesto Martínez**

PROFESOR TUTOR

## RESUMEN

El presente proyecto tiene como objetivo el construir una piladora con capacidad de procesamiento de 150 kg/h a partir de un diseño previo, para esto, se siguieron una serie de pasos para la manufactura de esta. A partir de pruebas preliminares se evidenciaron problemas en el procesamiento, alcanzando una eficiencia del 15%. Para mejorar aquello, se rediseñó el eje dándole forma híbrida (helicoidal y lineal) acelerando así el avance de los granos de arroz al inicio de la cámara y retardando el avance de estos al final de la cámara para su correcto pulido. Se rediseñó la criba tomando en cuenta el diámetro promedio del grano de 1 mm en su zona central y se añadió una nueva en la camisa superior. Se añadió una compuerta a la salida para permitir el completo llenado de la cámara y una zaranda a la salida del equipo para separar el producto, del arrocillo. Con esto, se obtuvo una eficiencia del 88%, manteniendo entre 40% y 60% la apertura de la tolva, y la velocidad de giro entre 1700 a 2300 RPM, con una capacidad operativa en promedio de 30 kg/h en el punto óptimo de carga, pero esta varía desde los 11 kg/h hasta 141 kg/h. Finalmente, se establece que la capacidad de producción ideal de 30 kg/h, que, por encima de este valor, se incrementa la cantidad de arroz con cáscara, debido a que el descascarado depende principalmente de la condición del grano, y de la velocidad de giro del eje.

**Palabras Claves:** Piladora, arroz, capacidad, eficiencia.

## **ABSTRACT**

*The objective of this project is to build a rice mill with a processing capacity of 150 kg/h from a previous design, for this, a series of steps were followed for its manufacture. From preliminary tests, problems in the processing were evidenced, reaching an efficiency of 15%. To improve this, the shaft was redesigned giving it a hybrid shape (helical and linear) thus accelerating the advance of the rice grains at the beginning of the chamber and slowing down their advance at the end of the chamber for correct polishing. The sieve was redesigned considering the average grain diameter of 1 mm in its central zone and a new one was added to the upper sleeve. A gate was added at the outlet to allow the complete filling of the chamber and a sieve at the outlet of the equipment to separate the product from the "arrocillo". With this, an efficiency of 88% was obtained, maintaining between 40% and 60% the opening of the hopper, and the turning speed between 1700 to 2300 RPM, with an average operating capacity of 30 kg/h at the optimal point of load, but this varies from 11 kg/h to 141 kg/h. Finally, it is established that the ideal production capacity of 30 kg/h, which, above this value, increases the amount of paddy rice, because the hulling depends mainly on the condition of the grain, and the speed axis rotation.*

**Keywords:** *Mill, rice, capacity, efficiency.*

# ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
ABSTRACT.....	II
ÍNDICE GENERAL .....	III
ABREVIATURAS .....	VI
SIMBOLOGÍA .....	VII
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	VIII
ÍNDICE DE DIAGRAMAS.....	X
ÍNDICE DE TABLAS.....	XI
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	XII
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	XIII
ÍNDICE DE PLANOS.....	XIV
CAPÍTULO 1 .....	1
1. Introducción .....	1
1.1 Descripción del problema.....	3
1.2 Justificación del proyecto .....	3
1.3 Objetivos.....	4
1.3.1 Objetivo General.....	4
1.3.2 Objetivos Específicos .....	4
1.4 Marco teórico.....	4
1.4.1 Proceso de Pilado.....	4
1.4.2 Piladoras de baja capacidad .....	5
1.4.3 Partes de una piladora con configuración de tambor rotatorio .....	7
1.4.4 Normativas Aplicables .....	8
CAPÍTULO 2.....	10
2. Metodología .....	10

2.1	Diagrama de flujo del proyecto .....	10
2.2	Estudio del diseño preliminar .....	11
2.3	Materiales .....	11
2.4	Construcción de los componentes del equipo .....	11
2.4.1	Construcción de conjunto Eje-Tambor .....	11
2.4.2	Construcción del conjunto Camisa-Tolva.....	13
2.4.3	Adaptación de la mesa de soporte .....	17
2.4.4	Construcción de la criba .....	18
2.5	Montaje del sistema .....	19
2.6	Pruebas de funcionamiento .....	19
2.6.1	Avance del producto .....	19
2.6.2	Pilado del producto .....	20
2.6.3	Capacidad de pilado .....	23
2.7	Identificación de fallos .....	23
2.8	Análisis de fallos y soluciones.....	23
2.8.1	Granos con cáscara en la salida del equipo .....	23
2.8.2	Granos triturados en la salida del equipo.....	26
2.8.3	Capacidad de procesamiento inferior a la solicitada.....	27
2.8.4	Tonalidad de grano inadecuada .....	28
2.8.5	Calentamiento excesivo de rodamientos .....	28
2.8.6	Sobrecarga del Motor .....	30
2.9	Condiciones de operación del equipo.....	31
2.10	Consideraciones para el mantenimiento del equipo.....	32
CAPÍTULO 3.....		34
3.	Resultados y análisis.....	34
3.1	Resultados de las pruebas.....	34

3.1.1	Pruebas preliminares.....	34
3.1.2	Eficiencia de pilado.....	35
3.1.3	Capacidad de pilado.....	36
3.2	Diseño final de piladora de arroz .....	38
3.3	Análisis de costos.....	40
3.3.1	Costos de componentes.....	40
3.3.2	Flujo de caja actual.....	42
3.3.3	Flujo de caja proyectado .....	43
3.3.4	Costo del proyecto bajo conceptos de economía circular .....	45
CAPÍTULO 4.....		46
4.	Conclusiones Y Recomendaciones.....	46
4.1	Conclusiones.....	46
4.2	Recomendaciones.....	47
BIBLIOGRAFÍA.....		48
APÉNDICES .....		49
APÉNDICE A.....		50
APÉNDICE B.....		58
APÉNDICE C.....		67

## **ABREVIATURAS**

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
ODS	Objetivo de Desarrollo Sostenible
ISO	Organización Internacional de Estandarización
ASTM	American Society for Testing and Materials
AISI	American Iron and Steel Institute
CDTS	Centro de Desarrollo Tecnológico Sustentable
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
NTE	Norma Técnica Ecuatoriana
IRRI	International Rice Research Institute
NACE	National Association of Corrosion Engineer
TG	Total General
VAN	Valor Actual Neto
TIR	Tasa Interna de Retorno

## SIMBOLOGÍA

RPM	Revoluciones por minuto
kg	Kilogramo
m	Metro
mm	Milímetro
kg/h	Kilogramos por hora
MPa	Mega Pascales
N	Newton
kN	Kilo Newtons
HP	Horse Power
V	Voltios
A	Amperios
kWh	Kilowatt Hora

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1.1 Mapa satelital del recinto Paipayales .....	1
Ilustración 1.2 Zonificación agroecológica del cultivo de arroz.....	2
Ilustración 1.3 Piladora de baja capacidad con configuración de rodillo .....	6
Ilustración 1.4 Piladora de baja capacidad con tambor giratorio .....	6
Ilustración 1.5 Piladora en configuración tambor rotatorio.....	7
Ilustración 1.6 Interior de una piladora con tambor rotatorio .....	8
Ilustración 2.1 Mecanizado de extremos del eje .....	12
Ilustración 2.2 Colocación de espiras sobre el tambor .....	12
Ilustración 2.3 Ensamble del tambor con chumaceras y acople.....	13
Ilustración 2.4 Tapas laterales para la camisa.....	13
Ilustración 2.5 Platinas ubicadas alrededor de la camisa .....	14
Ilustración 2.6 Doblado de platina .....	14
Ilustración 2.7 Cuello de soporte de tolva .....	15
Ilustración 2.8 Soporte de tolva soldado a la camisa superior.....	15
Ilustración 2.9 Trazado de rampas de salida .....	16
Ilustración 2.10 Ensamble de la rampa de salida .....	16
Ilustración 2.11 Ensamble de camisa inferior .....	16
Ilustración 2.12 Formación de la cámara .....	17
Ilustración 2.13 Instalación de elementos en la mesa de soporte .....	17
Ilustración 2.14 Ruedas y niveladores .....	18
Ilustración 2.15 Criba de piladora de arroz .....	18
Ilustración 2.16 Montaje de elementos.....	19
Ilustración 2.17 Prueba avance.....	20
Ilustración 2.18 Prueba configuración estándar .....	20
Ilustración 2.19 Restos de arroz a la salida de la cascarilla. ....	21
Ilustración 2.20: Cribas sobrepuestas .....	21
Ilustración 2.21 Arroz con cáscara en salida de piladora .....	22
Ilustración 2.22 Prueba a bajas revoluciones .....	22
Ilustración 2.23 Secado del arroz bajo luz solar .....	24
Ilustración 2.24 Cribas con perforaciones de 1x20 mm .....	24

Ilustración 2.25 Compuerta a la salida del equipo .....	25
Ilustración 2.26 Tambor modificado .....	26
Ilustración 2.27 Zaranda clasificadora a la salida del equipo .....	26
Ilustración 2.28 Adaptación de poleas en relación 3:1.....	27
Ilustración 2.29 Comparación de tonalidades del grano natural vs pulido .....	28
Ilustración 2.30 Temperatura de la cámara.....	29
Ilustración 2.31 Temperatura del acople luego del cambio de lubricante.....	30
Ilustración 2.32 Temperatura del cojinete luego del cambio de lubricante.....	30
Ilustración 2.33 Medición de corriente en el embobinado durante la operación.....	31
Ilustración 3.1 Diseño final de piladora de arroz en Autodesk Inventor 2023.....	38
Ilustración 3.2 Diseño final de piladora de arroz en físico .....	39
Ilustración 3.3 Elementos de la piladora .....	39

## ÍNDICE DE DIAGRAMAS

Diagrama 1.1	Proceso de pilado del arroz.....	5
Diagrama 2.1	Proceso a seguir para la construcción del equipo.....	10

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1	Materiales base para la construcción del equipo.....	11
Tabla 3.1	Resultados de pruebas preliminares.....	34
Tabla 3.2	Resultados para el diseño original.....	35
Tabla 3.3	Resultados luego de las modificaciones.....	35
Tabla 3.4	Pesos de productos obtenidos luego de las modificaciones.....	35
Tabla 3.5	Capacidad de pilado a diferentes aperturas de tolva.....	36
Tabla 3.6	Capacidad de pilado a diferentes velocidades de giro.....	37
Tabla 3.7	Elementos del equipo.....	40
Tabla 3.8	Costos asociados a la elaboración del prototipo.....	41
Tabla 3.9	Flujo según la situación actual.....	43
Tabla 3.10	Flujo considerando una inversión inicial.....	44
Tabla 3.11	Inversión requerida aplicando conceptos de economía circular.....	45

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 3.1 Eficiencia de pilado a diferentes aperturas de tolva.....	36
Gráfico 3.2 Eficiencia de pilado a diferentes velocidades de giro.....	37

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 3.1 Estimación de la eficiencia a partir de la apertura de la tolva.....	37
Ecuación 3.2 Estimación de la eficiencia a partir de la velocidad de giro. ....	38

## ÍNDICE DE PLANOS

Plano 1 Ensamble del diseño original .....	50
Plano 2 Camisa inferior .....	51
Plano 3 Tolva.....	53
Plano 4 Camisa superior .....	53
Plano 5 Eje .....	54
Plano 6 Tambor .....	55
Plano 7 Mesa de soporte.....	56
Plano 8 Criba .....	57
Plano 9 Eje modificado.....	59
Plano 10 Tolva modificada .....	60
Plano 11 Tapa rampa de arroz.....	61
Plano 12 Rampa de arroz pelado modificada.....	62
Plano 13 Rampa de arrocillo.....	63
Plano 14 Platina.....	64
Plano 15 Criba modificada .....	65
Plano 16 Listado de Piezas .....	66



# CAPÍTULO 1

## 1. INTRODUCCIÓN

En el cantón Sana Lucía de la provincia del Guayas, se encuentra una comuna que debe su nombre al árbol de paipay, la cual es conocida como *Paipayales*, en donde actualmente viven 320 personas distribuidas en 77 viviendas, quienes, en sus inicios, se dedicaban a la actividad ganadera, la misma que, desde hace 60 años ha venido cediendo para dar paso al cultivo de arroz. [1]

Para acceder a esta comuna, se puede hacer uso de la Autopista E48 Vía Colectora Km 58 y posteriormente acceder por caminos vecinales del sector o vías lastradas de piedras generando un tiempo de cruce entre 15 y 45 min dependiendo el medio de transporte que se emplee. La temperatura promedio de la zona oscila entre los 25 °C a 26 °C, con niveles de precipitación de 1000 y 1400 mm anuales, para una superficie total de 36240.11 hectáreas, destinadas principalmente al cultivo de arroz, gracias al aprovechamiento del afluente *Río Perdido* según lo mostrado en la ilustración 1.1.

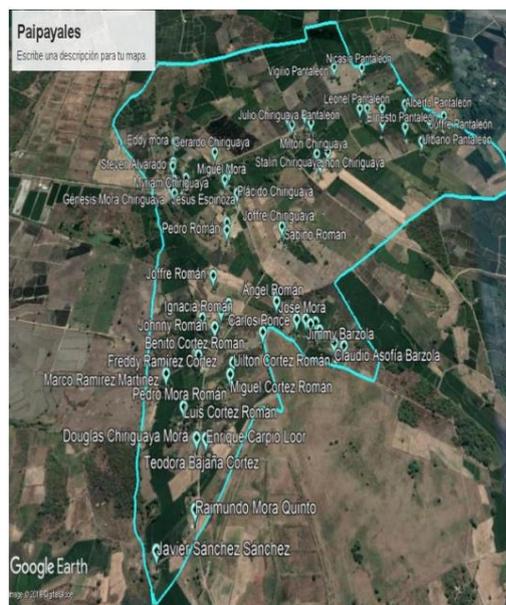


Ilustración 1.1 Mapa satelital del recinto Paipayales [1]



## **1.1 Descripción del problema**

En la actualidad, 25 familias de arroceros de la comunidad de Paipayales del cantón Santa Lucía, carecen de las tecnologías necesarias para el procesamiento de sus productos, como lo es el arroz con cáscara, por lo cual, deben transportarlos hasta comunidades más grandes, destinando tiempo e incurriendo en altos costos de transporte para poder procesarlos, obteniendo de esta forma, menores ingresos. Ante esto, la comunidad, solicita ayuda a la institución, para la construcción de una piladora de 150 kg/h, con el fin, de poder aliviar las dolencias anteriormente expuestas.

## **1.2 Justificación del proyecto**

Estudios preliminares de la frecuencia de siembra y cosecha que emplean los arroceros de la comunidad de Paipayales indican un rendimiento estimado de 30 quintales por hectáreas [3], el cual, se encuentra por debajo del rendimiento de piladoras industriales que están por encima de los 100 quintales/hora [5]. Esto genera un déficit económico representativo, ya que estos pequeños arroceros obtienen bajos ingresos, poniendo en peligro las próximas cosechas, producto del poco o nulo capital para reinversión [7].

Ante esto, surge la necesidad de entregar un producto que satisfaga las necesidades actuales de los arroceros permitiéndoles obtener mayores beneficios, por lo cual, se propone construir una piladora de arroz con una capacidad de procesamiento de 150 kg/h, cuya fuente de energía sea de tipo eléctrica de 220 V trifásica, que además, cumpla con las normativas de salud pública aplicables, sea segura de operar y de fácil transporte, operación y mantenimiento; siendo por sobre todo, lo más barata posible, puesto que, a futuro, se espera que el proyecto no solo beneficie a esta comunidad, sino que también pueda ser replicable y pueda escalarse hasta otras comunidades en iguales condiciones, cumpliendo así con el ODS 8.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo General**

Construir una piladora de arroz de 150 kg/h para la comunidad de Paipayales, considerando el rediseño de los componentes que conforman el equipo.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

1. Construir una piladora de 150 kg/h considerando planos de construcción previamente realizados.
2. Evaluar el desempeño del equipo mediante la realización de pruebas preliminares.
3. Rediseñar los componentes que permitan el correcto funcionamiento del equipo.
4. Realizar la puesta en operación de la piladora con una producción piloto.

## **1.4 Marco teórico**

### **1.4.1 Proceso de Pilado**

El pilado de arroz consiste en remover la cáscara del grano cosechado y seco, las glumas, los tegumentos y el embrión que corresponden a la estructura de la cariósida y constituye el salvado o polvillo; para producir arroz pulido o blanco con un mínimo de grano quebrado y de impureza final [4].

Para esto, es necesario que el producto pase por determinados procesos para que pueda ser ingerido de manera segura por los consumidores [4], como se puede evidenciar en el diagrama 1.1 a continuación.

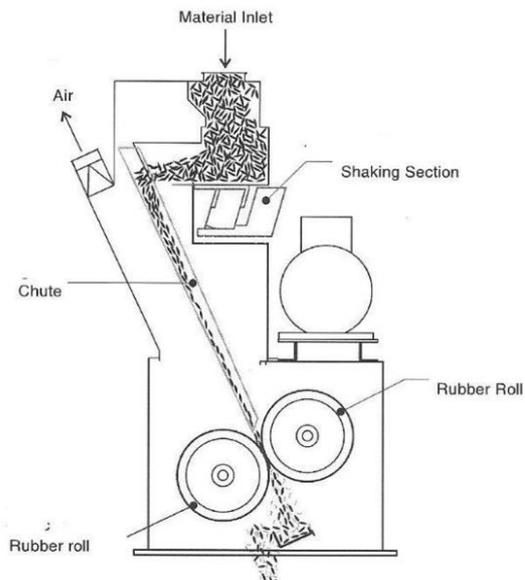


**Diagrama 1.1 Proceso de pilado del arroz**

#### 1.4.2 Piladoras de baja capacidad

Se consideran como piladoras de baja capacidad, a aquellos equipos cuya capacidad no exceda los 500 kg/h o con potencias inferiores a los 15 kW, de esto, se pueden tener equipos con configuraciones diferentes, no obstante, resaltan 2 de ellas, las cuales son: configuración de rodillos y configuración de tambor rotatorio [3].

La configuración de rodillos consiste en hacer pasar el arroz a través de 2 rodillos de goma, los cuales, mediante la presión que ejercen, logran separar la semilla de la cáscara, la cual luego es expulsada fuera del equipo mediante una corriente de aire, como se puede apreciar en la ilustración 1.3 una piladora elaborada bajo esta configuración.



**Ilustración 1.3 Piladora de baja capacidad con configuración de rodillo [3]**

La configuración de tambor giratorio propone un proceso en el cual, el arroz entra a través de una tolva, para iniciar el proceso de desgranado y molienda, con ayuda de un eje rotatorio para finalmente, obtener un producto descascarado y limpio a la salida del equipo, se puede apreciar en la ilustración 1.4 una piladora elaborada bajo esta configuración.



**Ilustración 1.4 Piladora de baja capacidad con tambor giratorio [3]**

### 1.4.3 Partes de una piladora con configuración de tambor rotatorio

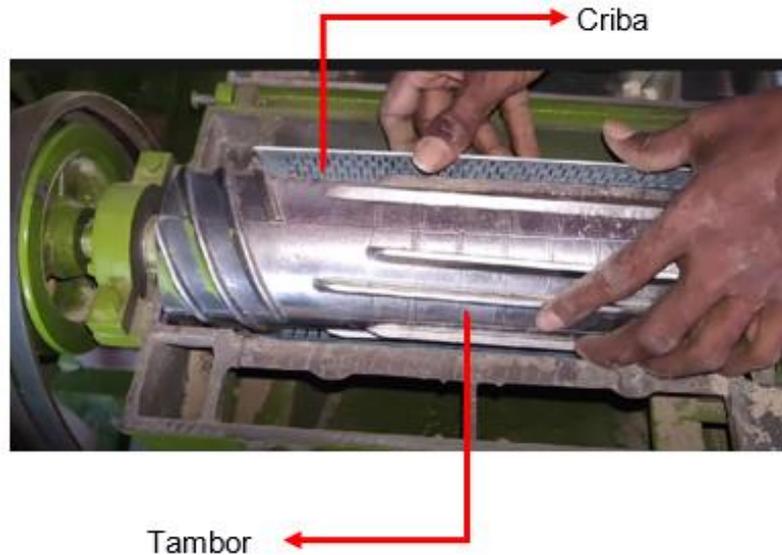
Entre los componentes principales de este tipo de piladora, se tienen los mostrados en la ilustración 1.5 a continuación:



**Ilustración 1.5 Piladora en configuración tambor rotatorio [3]**

- Tolva: Con forma semejante a la de un embudo cumple la función de depósito, logra guiar el producto depositado para su posterior desgrane.
- Motor eléctrico: Es un equipo que transforma la energía eléctrica en energía mecánica, gracias a la oposición de campos magnéticos, para lograr impulsar del rotor en su interior.
- Camisa: Es un cuerpo generalmente elaborado con hierro gris o hierro dúctil, cumple la función de carcasa para el tambor.
- Marcos de acero: Estructuras capaces de soportar cierto grado de flexión y/o corte en sus componentes ante la acción de un estímulo externo.
- Cubierta de seguridad: Estructuras que protegen al operario del uso no autorizado, activación accidental y extracción de la piladora de arroz.

Por otra parte, como componentes internos se tienen los mostrados en la ilustración 1.6 a continuación.



**Ilustración 1.6 Interior de una piladora con tambor rotatorio [3]**

- Cribas: Elementos que clasifican por tamaño un producto al granel logrando, de manera continua, un proceso que inicia en la zona de alimentación de la criba, y posteriormente, luego de la clasificación de dicho producto, termina en la expulsión del producto deseado.
- Tambor: Elaborado de metal, se encuentra internamente en la piladora, logrando que esta mantenga rigidez y un acoplamiento estable, para que así logre girar y descascarar el arroz.

#### **1.4.4 Normativas Aplicables**

Entre las normativas que rigen sobre la operación del equipo y del producto que este procesa, se tienen:

##### **- NTE-INEN 1234**

Esta norma establece los requisitos mínimos que debe cumplir cualquier variedad de arroz pilado, destinado para el consumo humano. Esta norma

es aplicable al arroz pilado tanto nacional como importado. No se aplica a otros productos derivados del arroz.

**- NTE-INEN 1515**

Esta norma establece los tamaños nominales de las aberturas de los tamices de ensayo y de las cribas metálicas o zarandas que se usan para separar los materiales susceptibles de clasificarlos según el tamaño de sus partículas.

**- ISO 45001:2018**

Esta norma especifica los requisitos para un sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo, brindando orientación necesaria, con el fin de que las organizaciones puedan proporcionar lugares de trabajo seguros y saludables mediante la prevención de lesiones y enfermedades relacionadas con el trabajo.

# CAPÍTULO 2

## 2. METODOLOGÍA

En este capítulo, se describe el procedimiento seguido para la manufactura de la piladora, asimismo se define el tipo de investigación e implementación a realizarse.

### 2.1 Diagrama de flujo del proyecto

El proceso seguido para la construcción y puesta a prueba del equipo se muestra en el diagrama 2.1 a continuación.

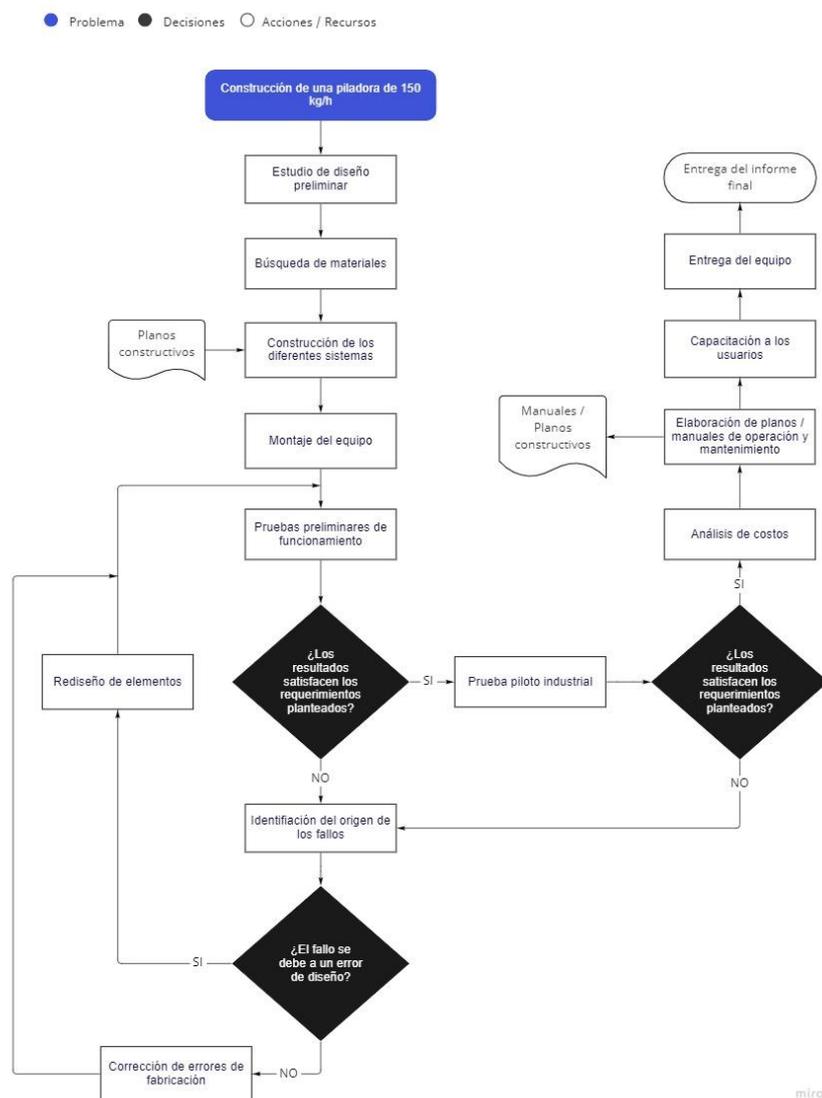


Diagrama 2.1 Proceso a seguir para la construcción del equipo

## 2.2 Estudio del diseño preliminar

Este proyecto toma como base los planos constructivos elaborados a partir de un estudio anterior realizado por estudiantes de materia integradora del ciclo 2021 [3], en los cuales se detallan los elementos del sistema, así como también medidas y cotas, como se puede observar en el apéndice A.

## 2.3 Materiales

Seguido del estudio de planos, se procedió a seleccionar los equipos y estructuras con características similares a las planteadas, de la bodega de insumos de la ESPOL, los mismos se detallan en la tabla 2.1.

**Tabla 2.1 Materiales base para la construcción del equipo**

Elemento	Descripción	Cantidad
Eje de acero	38x1000 mm	1
Tubo de acero	52x715 mm con espesor 4 mm	1
Tubo de acero	120x1295 mm con espesor 3 mm	1
Motor eléctrico	1 hp – 1750 RPM	1
Tolva	256x356x500 mm	1
Mesa de soporte	685x1170x549 mm	1

En el Apéndice B se muestran en detalles los elementos mencionados.

## 2.4 Construcción de los componentes del equipo

### 2.4.1 Construcción de conjunto Eje-Tambor

Una vez que se tuvieron los materiales necesarios para la manufactura del equipo, se acudió a un taller mecánico especializado, en donde primero se realizó la cilindrada de los extremos del eje con el torno, según las especificaciones dadas, y con ayuda de una fresadora, se realizaron los espacios para los chaveteros.



**Ilustración 2.1 Mecanizado de extremos del eje**

Luego, para el tambor, se procedió a fabricar las tapas del eje con ayuda de un torno, y luego se fue formando el espiral y soldando por secciones la varilla al tambor, respetando el paso establecido.



**Ilustración 2.2 Colocación de espiras sobre el tambor**

Finalmente, se procedió a colocar las chumaceras y el acople eje-motor, como se muestra en la ilustración 2.3.



**Ilustración 2.3 Ensamble del tambor con chumaceras y acople**

#### **2.4.2 Construcción del conjunto Camisa-Tolva**

Para la manufactura de este conjunto, primero fue necesario rolar una placa de 500x700x3 mm, con el fin de obtener las 2 medias lunas que conforman las camisas. En paralelo, se fabricaron las tapas laterales de la camisa, para lo cual primero se marcaron y cortaron las piezas según las medidas de los planos, y finalmente, se soldaron las mismas a los extremos de las media lunas.



**Ilustración 2.4 Tapas laterales para la camisa**

Luego, se procedió a cortar las platinas que van alrededor de las camisas, y posteriormente se soldaron a la misma.



**Ilustración 2.5 Platinas ubicadas alrededor de la camisa**

Después, para la camisa superior, primero se procedió a elaborar el cuello de soporte para la tolva, para lo cual, se realizó un doblado de una platina para darle la forma deseada, luego se cortó una placa de soporte según las medidas de la tolva. Finalmente, se soldó el conjunto.



**Ilustración 2.6 Doblado de platina**



**Ilustración 2.7 Cuello de soporte de tolva**



**Ilustración 2.8 Soporte de tolva soldado a la camisa superior**

Para la camisa inferior, primero fue necesario elaborar las rampas de salida de arroz y de la cascarilla, para esto, se fabricaron estas y se cortaron los huecos de salida de material en la camisa inferior, y posteriormente se soldaron las rampas a la misma. Finalmente, se procedió a revisar el correcto cierre de las camisas.



**Ilustración 2.9 Trazado de rampas de salida**



**Ilustración 2.10 Ensamble de la rampa de salida**



**Ilustración 2.11 Ensamble de camisa inferior**



**Ilustración 2.12 Formación de la cámara**

### **2.4.3 Adaptación de la mesa de soporte**

Una vez que se tuvieron los conjuntos del eje-tambor y de la camisa-tolva, se procedió a modificar la mesa de soporte, para lo cual, se cortó un pedazo de la mesa para dar paso a las rampas de salida de material, acto seguido, se cortaron y soldaron los nuevos soportes para las chumaceras según las dimensiones especificadas. Lo mencionado se muestra en la ilustración 2.13.



**Ilustración 2.13 Instalación de elementos en la mesa de soporte**

Finalmente, para facilitar el transporte del equipo y su nivelación, se soldaron ruedas en los soportes de la mesa, junto con un tornillo sin fin para la nivelación de este.



**Ilustración 2.14 Ruedas y niveladores**

#### **2.4.4 Construcción de la criba**

Para este elemento, fue necesario rolar una malla con perforaciones rectangulares de 1.5 x 20 mm, los cuales debían estar orientados perpendiculares al eje.



**Ilustración 2.15 Criba de piladora de arroz**

## 2.5 Montaje del sistema

Una vez que se tuvieron los elementos de la piladora contruidos, se procedió a ensamblar el equipo según las instrucciones mostradas en el apéndice A, con lo cual, el equipo luce como se observa en la ilustración 2.16.



Ilustración 2.16 Montaje de elementos

## 2.6 Pruebas de funcionamiento

Una vez que se tuvo el equipo ensamblado, se procedieron a realizar diferentes tipos de pruebas, con el fin de poder verificar lo siguiente:

- Correcto avance del producto.
- Verificación de correcto pilado del producto.
- Capacidad de pilado.

### 2.6.1 Avance del producto

Esta prueba tenía como fin, el verificar que el producto avance a lo largo de la cámara, y así poder asegurar que el arroz que entre salga correctamente por las rampas de salida de producto.



**Ilustración 2.17 Prueba avance**

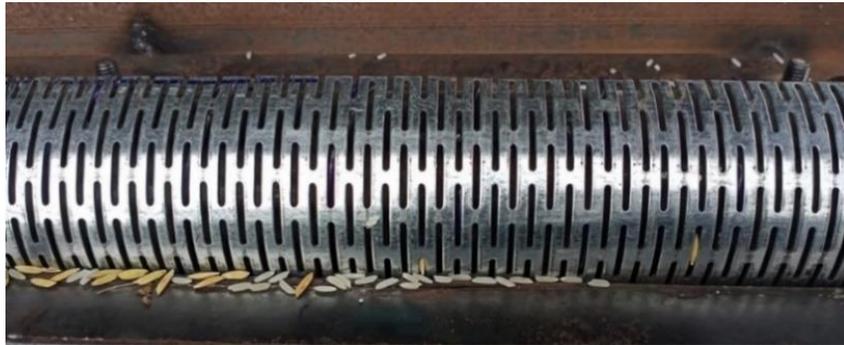
### **2.6.2 Pilado del producto**

Para este apartado, se procedió a realizar 3 pruebas con configuraciones de criba diferentes.

- **Configuración estándar:** para esta configuración se considera el uso de la criba según las especificaciones de diseño. Durante la prueba se observó que el arroz salía por las perforaciones de la criba, adicional a la salida del sistema, el arroz continuaba saliendo con cáscara.



**Ilustración 2.18 Prueba configuración estándar**



**Ilustración 2.19 Restos de arroz a la salida de la cascarilla.**

- **Configuración de cribas desfasadas:** Para esta configuración, se procedió a colocar una criba encima de la otra, con el fin de no permitir la salida de arroz por la rampa de las cascarillas, y también, para reducir el espacio entre la criba y el tambor. Sin embargo, se siguieron obteniendo resultados no deseados, esto es, arroz con cáscara a la salida del equipo.



**Ilustración 2.20: Cribas sobrepuestas**



**Ilustración 2.21 Arroz con cáscara en salida de piladora**

- **Prueba a bajas revoluciones:** Finalmente, se realizó una última prueba a bajas revoluciones, para lo cual fue necesario soldar una manivela en uno de los extremos del eje, no obstante, se siguió obteniendo arroz con cáscara a la salida.



**Ilustración 2.22 Prueba a bajas revoluciones**

### 2.6.3 Capacidad de pilado

Para esta prueba se tenía como fin, el determinar la capacidad real de pilado del equipo, a diferentes aperturas de la compuerta de la tolva, con el fin de determinar la posición ideal.

## 2.7 Identificación de fallos

Luego de las pruebas preliminares realizadas, se pudieron identificar los siguientes fallos:

- Se obtienen granos con cáscara en la salida del equipo.
- Se obtiene arroz triturado en la salida del equipo.
- La velocidad de procesamiento del equipo está por debajo de la solicitada.
- El grano no presenta una tonalidad blanca.
- Calentamiento excesivo de cojinetes.
- Sobrecarga en el motor.

## 2.8 Análisis de fallos y soluciones

### 2.8.1 Granos con cáscara en la salida del equipo

Según lo observado durante y después de las pruebas preliminares, se asocia este fallo a los siguientes factores con sus potenciales soluciones:

- **Exceso de humedad en el grano.** – El tener una humedad elevada, ocasiona que la cáscara adquiera una mayor adherencia sobre el grano, por lo cual resulta dificultoso desprender esta del grano. Con el fin de mitigar esto, se establece que el grano pase por un proceso de secado con el fin de retirar la mayor cantidad de humedad posible.



**Ilustración 2.23 Secado del arroz bajo luz solar**

- **Tamaño de perforación de cribas inadecuado.** – De las pruebas preliminares se pudo determinar que los granos tienen en promedio un diámetro de 1 mm. Ante esto, se establece cambiar el diseño de las cribas, pasando de unas con perforaciones alargadas de 1.5x20 mm a unas de 1x20 mm.



**Ilustración 2.24 Cribas con perforaciones de 1x20 mm**

- **Fricción insuficiente.** – Al operar el equipo, se pudo observar que el arroz se friccionaba parcialmente con la criba inferior, por lo cual, se establece usar otra criba que cubra la camisa superior,

de esta forma el arroz puede tener un rozamiento completo a lo largo de la cámara. En adición, se colocó una compuerta a la salida del equipo, con el fin de ayudar al completo llenado de la cámara, para garantizar que todos los granos se friccionen así mismos y a las cribas.



**Ilustración 2.25 Compuerta a la salida del equipo**

- **Tiempo de recorrido insuficiente.** – Con el diseño original del eje, se evidencia que los granos avanzan rápidamente y no llegan a hacer contacto con las cribas, ante esto, se procedió a rediseñar el eje de tal manera que a la entrada del equipo permita un avance rápido, pero que luego, a medida que el grano avanza, la velocidad del recorrido vaya disminuyendo, lo cual se logró modificando el eje colocando 3 espirales al inicio, y luego se colocaron 4 pletinas en paralelo a lo largo del mismo, tal y como se muestra en la ilustración 2.26 a continuación.



**Ilustración 2.26 Tambor modificado**

### **2.8.2 Granos triturados en la salida del equipo**

Para este aparatado, cabe mencionar que la presencia de granos triturados es considerada un subproducto del proceso de pilado del arroz denominado “arrocillo”, el cual se debe a la calidad del grano, ya que al ser muy frágil se parte con facilidad, siendo esto un factor que no puede ser controlado al 100%. Ante esto, se propone la siguiente solución con el fin de evitar la mezcla de estos con el producto bueno.

- **Zaranda clasificadora.** – Se procedió a colocar una malla con perforaciones circulares de 2 mm de diámetro para que el arroz triturado caiga hacia una tolva de desalajo de arrocillo, mientras que, el grano bueno continúe su recorrido hasta llegar a la rampa de salida de producto bueno.



**Ilustración 2.27 Zaranda clasificadora a la salida del equipo**

### 2.8.3 Capacidad de procesamiento inferior a la solicitada

El equipo fue diseñado para tener una capacidad de procesamiento de 150 kg/h, no obstante, en la práctica, esta capacidad resultó ser inferior, teniendo una capacidad promedio de 30 kg/h, lo cual se relacionó con lo siguiente:

- **Inadecuada velocidad de giro del tambor.** – Al operar el equipo se denotó que la tasa de salida del producto presenta una variación del 2% entre mediciones, por lo cual se puede asumir como constante. Ante esto, se decide variar la velocidad de giro del tambor, para lo cual se adaptaron poleas en relación de 1:2 y de 1:3 (ilustración 2.28), no obstante, la tasa de salida se redujo en 15% y 35% respectivamente. Debido a esto, se propone adaptar un motor de 3000 RPM, con el cual la tasa aumentó en un 30%, sin embargo, el producto obtenido no es el adecuado (98% arrocillo).



Ilustración 2.28 Adaptación de poleas en relación 3:1

- **Apertura de la compuerta de la tolva.** – Otro factor que afecta a la capacidad de producción es la apertura de la tolva, puesto que esto tiene una relación proporcional, lo que quiere decir que a mayor apertura de la compuerta mayor será la capacidad, no obstante, al abrir por completo la misma, se producen atoramientos en la cámara, lo cual somete al motor a sobre esfuerzos e incluso ocasiona que el equipo se detenga por completo. Con esto, se determinó que la apertura ideal de la compuerta debe ser del 50%.

#### 2.8.4 Tonalidad de grano inadecuada

Durante las pruebas, se observó que el grano presentaba una tonalidad beige o marrón, lo cual corresponde a la tonalidad de la cutícula o salvado del grano, no obstante, el grano debe salir pulido y con una tonalidad blanca, ante esto, se dispone a colocar la compuerta a la salida, con lo cual el grano puede estar más tiempo en la cámara, y gracias al rozamiento entre estos, se puede ir eliminando el salvado y darle la tonalidad deseada.



**Ilustración 2.29 Comparación de tonalidades del grano natural vs pulido**

#### 2.8.5 Calentamiento excesivo de rodamientos

Dado que el principio de funcionamiento del equipo es la fricción, se generan vibraciones y por ende calor producto de la transformación de energía, por lo cual se espera que los elementos trabajen a una

temperatura mayor a la del ambiente, no obstante, se denotó que los cojinetes trabajaban a una temperatura de aproximadamente 160 °C, lo cual no es adecuado y puede llegar a representar un riesgo para el operario, además de una degradación más rápida del elemento, por lo cual, al analizar lo sucedido se pudo determinar el siguiente fallo:

- **Lubricante inadecuado.** – Se pudo observar que la grasa lubricante alcanzaba su punto de goteo al llegar a una temperatura de 60 °C, la cual es mucho menor a la de operación registrada, ante esto, se establece cambiar el lubricante por uno resistente a altas temperaturas, con punto de goteo >200 °C, con esto fue posible reducir la temperatura de operación de cojinetes hasta 63 °C de acuerdo con el análisis de termografía realizado, así como también, el ruido generado.



**Ilustración 2.30 Temperatura de la cámara**



**Ilustración 2.31 Temperatura del acople luego del cambio de lubricante**



**Ilustración 2.32 Temperatura del cojinete luego del cambio de lubricante**

### **2.8.6 Sobrecarga del Motor**

Durante la operación, se realizó una medición sobre el consumo de corriente registrado por el motor, de lo cual, se determinó que era de 3.2 A, lo que representa el 92% de la corriente nominal. Esto se debía principalmente a la lubricación inadecuada de los cojinetes, además, de la

desalineación entre el eje del tambor y el eje del motor. Una vez corregido esto, se volvió a medir la corriente durante la operación, dando un valor de 2.05 A, que representa el 59% de la corriente nominal.



**Ilustración 2.33 Medición de corriente en el embobinado durante la operación**

## **2.9 Condiciones de operación del equipo**

El arroz debe pasar por un proceso secado o de asoleado por lo menos 2 días antes de que el producto ingrese al equipo.

Se debe verificar que no existan otros elementos diferentes al arroz (piedras, metales, madera, seres vivos) antes de que este ingrese al equipo, caso contrario el equipo puede sufrir daños graves o causar accidentes.

Se debe estabilizar el equipo antes de ser operado, para esto se deben ir ajustando los tornillos niveladores, hasta que el equipo se encuentre nivelado tanto a lo largo como a lo ancho.

Antes, durante y después de la operación, se deben utilizar los siguientes elementos de protección personal: Guantes con recubrimiento de nitrilo, gafas de seguridad, tapones de oídos y mascarilla con filtro para material particulado.

Al iniciar operaciones, la compuerta de salida debe encontrarse completamente cerrada durante 1 minuto para ayudar al llenado de la cámara, posteriormente, se debe abrir la compuerta hasta que los granos puedan salir con facilidad (entre 3 a 5 mm).

La apertura de la compuerta de la tolva debe estar entre el 40% y 60% para obtener la mayor eficiencia de pelado.

Se debe verificar periódicamente que los orificios de la zaranda no se encuentren obstruidos por restos de arroz, y en caso de estarlos, se deben destapar con ayuda de un desarmador o punta haciendo presión sobre el material atorado.

Se debe contar con las siguientes herramientas durante la operación: una brocha de 2" para la limpieza del polvillo o restos de arroz; un alicate para poder realizar la apertura o cierre de la compuerta de salida y un desarmador o punta para desatorar el material que se encuentre obstruyendo los orificios de la zaranda.

En caso de presentarse un atoramiento de producto dentro de la cámara, se debe parar inmediatamente el equipo, acto seguido, se debe retirar la mayor cantidad posible de arroz de la tolva de forma manual, para luego abrir la cámara y luego retirar el producto atorado.

## **2.10 Consideraciones para el mantenimiento del equipo**

Antes, durante y después de la actividad, se deben utilizar los siguientes elementos de protección personal: Guantes con recubrimiento de nitrilo, gafas de seguridad, y mascarilla con filtro para material particulado.

Se debe contar con las siguientes herramientas para realizar el mantenimiento del equipo: un grasero, dos llaves de 1/2", dos llaves de 9/16", dos llaves de 3/4", una brocha de 2" y un desarmador plano.

Se debe realizar la lubricación de los cojinetes una vez cada quince días, para lo cual se debe utilizar grasa de altas temperaturas (>200 °C), y añadir hasta que se observe que esta sale por los lados de los rodamientos.

Se debe realizar una limpieza del interior de la cámara del equipo una vez por semana, para lo cual se debe retirar la tolva y la camisa superior, y con una brocha, retirar los excesos de polvo o cascarilla que se lleguen a encontrar.

Se debe verificar el estado de las cribas una vez por mes, para lo cual se debe retirar la tolva y la camisa superior, y proceder con una inspección visual para determinar agrietamientos o deformaciones pronunciadas sobre la superficie de la criba. En caso de que esta se encuentre comprometida, se debe reemplazar por una igual según las especificaciones de los planos.

Se debe verificar que no existan formaciones de óxido en el interior de la cámara o en las rampas de salida del producto, para esto, se debe retirar la tolva y la camisa superior. Luego, se debe retirar el motor, y después se debe retirar el eje. En caso de encontrarse con formaciones de óxido, se tiene que pulir la zona utilizando una lija #80 para un desbaste rápido, y luego una lija #180 para darle un mejor acabado a la zona afectada.

# CAPÍTULO 3

## 3. Resultados y análisis

En esta sección se presentan los resultados obtenidos de las pruebas realizadas y el diseño final del prototipo. Adicionalmente, se presenta el análisis financiero, donde se detallan los costos de materiales, de mano de obra y mantenimiento, con el fin de establecer el flujo de caja.

### 3.1 Resultados de las pruebas

En este apartado se detallan los resultados obtenidos por cada tipo de prueba realizada.

#### 3.1.1 Pruebas preliminares

En la tabla 3.1 se presentan los resultados obtenidos de las pruebas preliminares realizadas bajo las configuraciones planteadas.

**Tabla 3.1 Resultados de pruebas preliminares**

<b>Prueba configuración estándar:</b>		
<b>Parámetro</b>	<b>Cantidad</b>	<b>% del TG</b>
Con cáscara	195	70%
Sin cáscara	20	7%
Triturados	65	23%
<b>Total</b>	<b>280</b>	<b>100%</b>
<b>Pruebas cribas desfasadas:</b>		
<b>Parámetro</b>	<b>Cantidad</b>	<b>% del TG</b>
Con cáscara	177	56%
Sin cáscara	17	5%
Triturados	124	39%
<b>Total</b>	<b>318</b>	<b>100%</b>
<b>Prueba a bajas RPM:</b>		
<b>Parámetro</b>	<b>Cantidad</b>	<b>% del TG</b>
Con cáscara	149	66%
Sin cáscara	35	15%
Triturados	43	19%
<b>Total</b>	<b>227</b>	<b>100%</b>

### 3.1.2 Eficiencia de pilado

Para este caso se tiene por objetivo el determinar la cantidad de grano procesado correctamente durante un ciclo de carga, correspondiente a 5 Kg, de lo cual se obtiene lo siguiente:

**Tabla 3.2 Resultados para el diseño original**

Parámetro	Cantidad	% del TG
Con cáscara	149	66%
Sin cáscara	35	15%
Triturados	43	19%
<b>Total</b>	<b>227</b>	<b>100%</b>

**Tabla 3.3 Resultados luego de las modificaciones**

Parámetro	Cantidad	% del TG
Con cáscara	2	0%
Sin cáscara	962	81%
Triturados	220	19%
<b>Total</b>	<b>1184</b>	<b>100%</b>

**Tabla 3.4 Pesos de productos obtenidos luego de las modificaciones**

Peso de recipiente [kg]:		0,20
Parámetro	Peso Medido [kg]	Peso real [kg]
<b>Grano bueno</b>	<b>1,23</b>	1,03
<b>Arrocillo</b>	<b>1,28</b>	1,08
<b>Cáscara</b>	<b>1,30</b>	1,10
<b>Total</b>		<b>3,21</b>

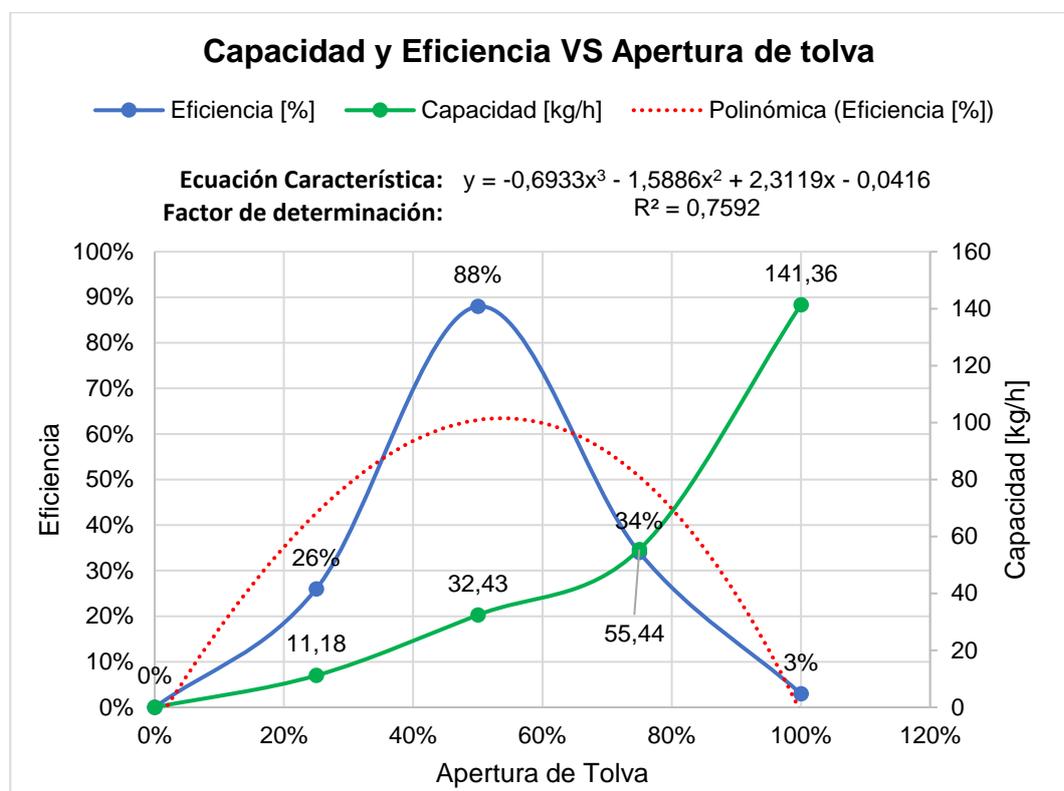
De esto, se puede evidenciar que luego de haber realizado las modificaciones, el porcentaje de producto bueno (grano sin cáscara) llega a ser de 81%. También, se puede observar que la cantidad de arroccillo obtenida es mayor en comparación a la cantidad de grano bueno, debido a que la zaranda separa los granos que no cumplen con el tamaño adecuado tanto en largo como en diámetro.

### 3.1.3 Capacidad de pilado

Para este caso se evaluó la afectación que tienen la variación de velocidad y la apertura de la tolva sobre la capacidad y sobre la eficiencia de pilado, de lo cual se obtuvieron los resultados mostrados en las tablas 3.5 y 3.6 a continuación.

**Tabla 3.5 Capacidad de pilado a diferentes aperturas de tolva**

Cantidad de arroz [kg]: 1,5			
Apertura Tolva	Tiempo [s]	Capacidad [kg/h]	Eficiencia [%]
100%	38,2	141,36	3%
75%	97,4	55,44	34%
50%	166,5	32,43	88%
25%	483,1	11,18	26%
0%	0	0,00	0%



**Gráfico 3.1: Eficiencia de pilado a diferentes aperturas de tolva.**

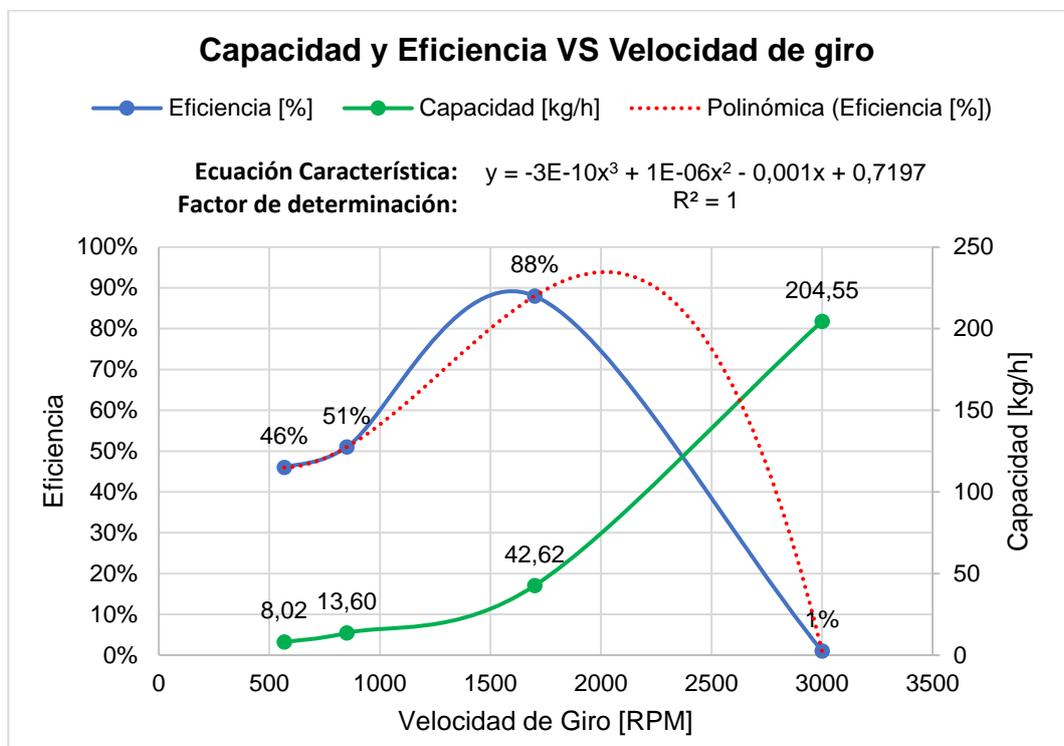
De lo mostrado, se observa que el rango de mayor eficiencia se da a una capacidad de entre 35 a 45 kg/h, y cuando la apertura de la tolva se

encuentra entre el 40% y 60%, lo cual se puede estimar con la ecuación 3.1 correspondiente a la ecuación característica de la línea de tendencia con un factor de determinación de 0,76 aproximadamente, en donde el valor de x corresponde al porcentaje de apertura, mientras que el valor de y sería el porcentaje de eficiencia.

$$y = -0,6933x^3 - 1,5886x^2 + 2,3119x - 0,0416 \quad (3.1)$$

**Tabla 3.6 Capacidad de pilado a diferentes velocidades de giro**

Cantidad de arroz [kg]: 1,5			
Velocidad [RPM]	Tiempo [s]	Capacidad [kg/h]	Eficiencia [%]
3000	26,4	204,55	1%
1700	126,7	42,62	88%
850	397,1	13,60	51%
567	673,4	8,02	46%



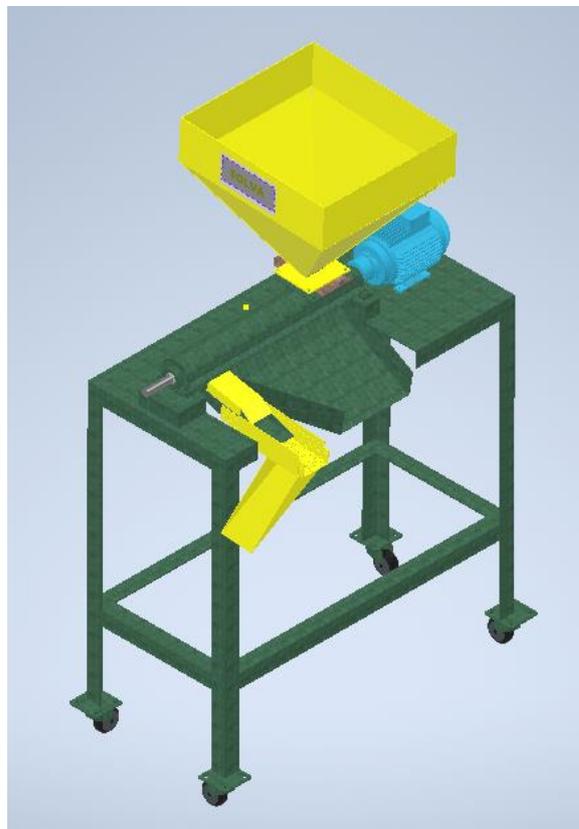
**Gráfico 3.2 Eficiencia de pilado a diferentes velocidades de giro**

De estos resultados, se denota que el rango de mayor eficiencia de pelado se da cuando el tambor gira en un rango de 1700 a 2300 RPM, lo cual se puede describir con la ecuación 3.2 correspondiente a la ecuación característica de la línea de tendencia obtenida mediante datos experimentales, la misma que posee un factor de determinación de 1, en donde los valores de x representan la velocidad de giro en RPM, mientras que los valores de y corresponden al porcentaje de eficiencia de pelado.

$$y = -3E-10x^3 + 1E-06x^2 - 0,001x + 0,7197 \quad (3.2)$$

### 3.2 Diseño final de piladora de arroz

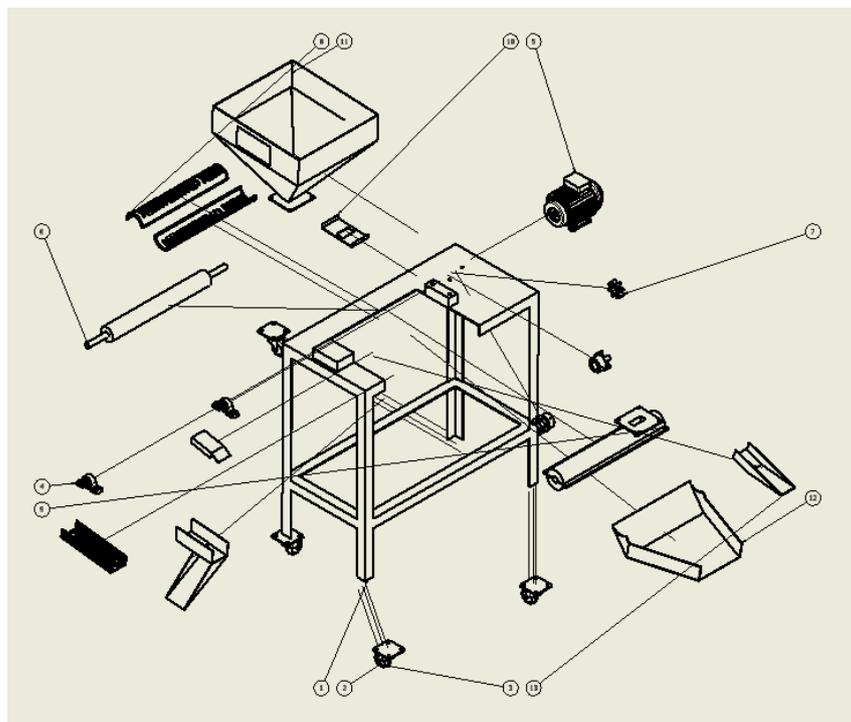
En la ilustración 3.1 se observa el diseño final para la piladora de arroz, cuyos elementos se especifican en la tabla 3.7.



**Ilustración 3.1** Diseño final de piladora de arroz en Autodesk Inventor 2023



**Ilustración 3.2** Diseño final de piladora de arroz en físico



**Ilustración 3.3** Elementos de la piladora

**Tabla 3.7 Elementos del equipo**

<b>Nº de pieza</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Pieza</b>	<b>Descripción</b>
1	1	Mesa	ASTM A36
2	4	Soporte de rueda	ASTM A36
3	8	Rueda	Fijas y giratorias de goma
4	2	Chumacera	FYH P205
5	1	Motor	Eléctrico trifásico ABB 1695 rpm (1 HP)
6	1	Eje principal	Acero de transmisión SAE1018
7	1	Matrimonio	ASTM A36
8	2	Criba	Acero Inoxidable
9	1	Camisa Superior	ASTM A36
10	1	Platina	ASTM A36
11	1	Tolva	ASTM A36
12	1	Rampa de arroz	ASTM A36
13	4	Rampa de cascarilla	ASTM A36

### **3.3 Análisis de costos**

En esta sección se procederá a realizar el análisis económico-financiero del proyecto, el cual permite conocer la factibilidad económica del proyecto de la piladora de arroz para los moradores de Paipayales si adquirieran el proyecto al costo total de ejecución de este.

Los indicadores que se utilizarán son el Valor Presente Neto (VAN), el cual nos mostrará el valor de los flujos de dinero de la empresa utilizando una Tasa de Descuento; y la Tasa Interna de Retorno (TIR), la cual representa la rentabilidad porcentual del proyecto considerando los flujos de efectivo por año para luego hacer la comparación de la misma frente a la Tasa de Descuento. No obstante, para hacer uso de estos indicadores es necesario determinar los ingresos y egresos del proyecto.

#### **3.3.1 Costos de componentes**

La inversión realizada para la ejecución del proyecto considera costos de materiales, de mano de obra por hora de trabajo y otros costos para la

terminación del activo. A continuación, en la tabla 3.8, se detallan los montos de inversión:

**Tabla 3.8 Costos asociados a la elaboración del prototipo**

<b>Inversión para el Prototipado</b>				
<b>Materiales</b>				
<b>Componente</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Unitario (USD)</b>	<b>Costo Total (USD)</b>
Tambor	Eje de acero de transmisión SAE1018 1 ½" x 6m	1	\$34,80	\$34,80
Tambor	Tubo de acero 2 1/2" Cedula 40	1	\$46,80	\$46,80
Estructura	Ángulo de acero de 50 x 50 x 5 mm	3	\$12,97	\$38,91
Estructura	Plancha A36 laminada al caliente de 2000x1500x3 mm	0,5	\$109	\$54,34
Estructura	Plancha A36 laminada al caliente de 2000x1500x2 mm	0,5	\$73	\$36,66
Estructura	Varilla cuadrada de 1/4" x 1/4"	1	\$5,29	\$5,29
Estructura	Rueda fija de goma 75 mm	2	\$2,46	\$4,92
Estructura	Rueda giratoria de goma 75 mm	2	\$3,15	\$6,30
Transmisión	Chumacera FYH P205	2	\$55	\$110,00
Transmisión	Motor eléctrico trifásico ABB 1695 rpm (1 HP)	1	\$260	\$260,00
Transmisión	Acople de ejes (Matrimonio) 3/4" a 3/4"	1	\$35,00	\$35,00
Tamiz	Lámina de acero inoxidable con perforaciones alargadas 1x20m	0,25	\$172,00	\$43,00
Estructura	Pernos 1/2" x 1 1/2"	10	\$0,65	\$6,50
Estructura	Pernos 1/4" x 1 1/2"	10	\$0,40	\$4,00
Estructura	Tuerca con seguro de Nylon 1/2"	10	\$0,55	\$5,50
Estructura	Tuerca 1/4"	10	\$0,10	\$1,00
Controlador	Caja de control 30x30x15 cm	1	\$25,00	\$25,00
Controlador	Contactador 18A 1NO	1	\$13,50	\$13,50
Controlador	Guardamotor 13-18A	1	\$32,00	\$32,00
Controlador	Breaker 3x20A 6ka	1	\$10,00	\$10,00
Controlador	Botón paro de emergencia	1	\$4,50	\$4,50
Controlador	Selector	1	\$3,00	\$3,00
Controlador	Luz piloto	2	\$3,00	\$6,00
Fungibles	Fungibles (grasa, lijas, desoxidante)	1	\$15	\$15,00
Fungibles	Funda Soldadura 6011	1	\$6,20	\$6,20
<b>Mano de Obra</b>				
<b>Recurso</b>	<b>Cargo</b>	<b>Horas de Trabajo</b>	<b>Costo por hora</b>	<b>Total</b>
Técnico	Asistente de taller	12	\$3,50	\$42,00
Técnico	Electromecánico	1	\$6,00	\$6,00
Técnico	Soldador	4	\$8,00	\$32,00
Supervisión	Responsable de Taller	2	\$5,00	\$10,00
<b>Otros costos (servicios)</b>				

Tipo	Descripción	Cantidad	Valor	Total
Rolado	Rolado de lámina para formación de camisa	1	\$12,00	\$12,00
Torneado	Mecanizado de eje	1	\$25,00	\$25,00
Fresado	Formación de ranuras para paletas en el tambor	1	\$5,00	\$5,00
Fresado	Mecanizado de Chaveta-Chavetero	1	\$2,50	\$2,50
Otros	Servicios Básicos (Luz, agua)	1	\$10,00	\$10,00
<b>VALOR TOTAL INVERSION</b>				<b>\$952,71</b>

De esto, se tiene que el equipo tiene un valor de aproximadamente \$953, por lo cual, se espera que las fuentes de financiamiento de la inversión para los moradores del sector serían préstamos bancarios o ganancias operativas del negocio que mantienen actualmente.

### 3.3.2 Flujo de caja actual

En este flujo de caja se proyectará a 10 años la situación actual de los arroceros, en donde el único ingreso generado corresponde a la venta del arroz con cáscara, mientras que los egresos contemplan los costos de producción, transporte y suministros.

Para este caso se considera el escenario en donde el productor tiene una hectárea de terreno para la producción de arroz, con un rendimiento por hectárea de 30 quintales de arroz, con una frecuencia de cosecha de 2 veces por año, con lo cual, al año se obtendrán 60 quintales de producto para la venta, que actualmente, el precio de venta del quintal de arroz con cáscara en promedio es de \$10.

La tasa de crecimiento a utilizar en el flujo de caja proyectado se aplica de acuerdo con la tasa de inflación anual a julio 2022 que según datos del Banco Central del Ecuador en el Boletín mensual de inflación – Resultados a julio 2022 es del 3.86% y la tasa mensual es de 0.16%.

**Tabla 3.9 Flujo según la situación actual**

	AÑOS									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Ingresos</b>										
Venta de arroz sin pilar (graminia)	600,00	623,16	647,21	672,20	698,14	725,09	753,08	782,15	812,34	843,70
<b>Total ingresos</b>	600,00	623,16	647,21	672,20	698,14	725,09	753,08	782,15	812,34	843,70
<b>Egresos</b>										
Costos de producción	(400,00)	(415,44)	(431,48)	(448,13)	(465,43)	(483,39)	(502,05)	(521,43)	(541,56)	(562,46)
Agua, luz	(10,00)	(10,39)	(10,79)	(11,20)	(11,64)	(12,08)	(12,55)	(13,04)	(13,54)	(14,06)
Gastos de transporte	(60,00)	(62,32)	(64,72)	(67,22)	(69,81)	(72,51)	(75,31)	(78,21)	(81,23)	(84,37)
<b>Total Egresos</b>	(470,00)	(488,14)	(506,98)	(526,55)	(546,88)	(567,99)	(589,91)	(612,68)	(636,33)	(660,90)
<b>Flujo de Caja</b>	<b>130,00</b>	<b>135,02</b>	<b>140,23</b>	<b>145,64</b>	<b>151,26</b>	<b>157,10</b>	<b>163,17</b>	<b>169,47</b>	<b>176,01</b>	<b>182,80</b>
<b>Flujo de Caja acumulado</b>		<b>135,02</b>	<b>275,25</b>	<b>420,89</b>	<b>572,15</b>	<b>729,26</b>	<b>892,43</b>	<b>1.061,89</b>	<b>1.237,90</b>	<b>1.420,70</b>

De esto, se observa que este flujo tiene un valor actual neto de \$846,08, con una ganancia acumulada de \$1.420,70, lo cual no resulta rentable para los productores.

El detalle de los cálculos realizados para la estimación de ingresos y egresos se muestran en el apéndice C.

### 3.3.3 Flujo de caja proyectado

Este flujo se proyectará a 10 años, en el cual se considera la inversión inicial en el año 0, los ingresos y egresos generados durante el tiempo de operación del equipo hasta la recuperación de la inversión.

Los ingresos de operación corresponden a la venta de sacos de arroz pilado a los consumidores finales.

Los egresos de operación corresponden a los costos asociados a la elaboración del producto final y otros gastos fijos como servicios básicos, depreciación, intereses bancarios, gastos de mantenimiento, gastos de suministros y el pago del capital e intereses del préstamo bancario realizado.

De acuerdo con la página del Ministerio de Agricultura, el precio oficial para cada quintal de arroz es de \$28 dólares y para cada quintal de arrocillo es

de \$10 dólares, que, bajo el mismo escenario planteado en la sección anterior, se puede obtener un ingreso por venta de arroz y arrocillo de \$2,280 dólares al año.

A continuación, en la tabla 3.10, se detalla el flujo de caja proyectado para el proyecto considerando una tasa de crecimiento del 3.86% y suponiendo que el productor realiza un préstamo a una Institución Financiera para adquirir la piladora fabricada de acuerdo con el presente proyecto.

**Tabla 3.10 Flujo considerando una inversión inicial**

	AÑOS										
	Pre-operativo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Ingresos</b>											
Venta de arroz		1.680,00	1.744,85	1.812,20	1.882,15	1.954,80	2.030,26	2.108,62	2.190,02	2.274,55	2.362,35
Venta de arrocillo		600,00	623,16	647,21	672,20	698,14	725,09	753,08	782,15	812,34	843,70
Venta de cascarilla		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Total ingresos</b>	-	2.280,00	2.368,01	2.459,41	2.554,35	2.652,94	2.755,35	2.861,70	2.972,17	3.086,89	3.206,05
<b>Egresos</b>											
Costos de elaboración		(1.050,00)	(1.090,53)	(1.132,62)	(1.176,34)	(1.221,75)	(1.268,91)	(1.317,89)	(1.368,76)	(1.421,59)	(1.476,47)
Agua, luz		(80,00)	(83,09)	(86,30)	(89,63)	(93,09)	(96,68)	(100,41)	(104,29)	(108,31)	(112,49)
Gastos de mantenimiento (Fungibles y repuestos -cribas)		(182,00)	(189,03)	(196,32)	(203,90)	(211,77)	(219,94)	(228,43)	(237,25)	(246,41)	(255,92)
Gastos de suministros		(100,00)	(103,86)	(107,87)	(112,03)	(116,36)	(120,85)	(125,51)	(130,36)	(135,39)	(140,62)
Pago del Capital del Préstamo		(95,27)	(95,27)	(95,27)	(95,27)	(95,27)	(95,27)	(95,27)	(95,27)	(95,27)	(95,27)
Intereses bancarios		(28,80)	(28,80)	(28,80)	(28,80)	(28,80)	(28,80)	(28,80)	(28,80)	(28,80)	(28,80)
Depreciación Piladora		(95,27)	(95,27)	(95,27)	(95,27)	(95,27)	(95,27)	(95,27)	(95,27)	(95,27)	(95,27)
<b>Total Egresos</b>	-	(1.631,34)	(1.685,85)	(1.742,45)	(1.801,24)	(1.862,31)	(1.925,72)	(1.991,59)	(2.060,00)	(2.131,05)	(2.204,84)
<b>Inversión inicial</b>											
Materiales	(808,21)										
Mano de Obra	(90,00)										
Otros costos	(54,50)										
<b>Total Inversión Inicial</b>	(952,71)										
<b>Flujo de Caja</b>	(952,71)	648,66	682,16	716,96	753,10	790,64	829,62	870,11	912,17	955,84	1.001,21
<b>Flujo de Caja acumulado</b>		(304,05)	378,11	1.095,07	1.848,17	2.638,81	3.468,44	4.338,55	5.250,72	6.206,56	7.207,77

Se observa en el flujo de caja proyectado que el productor recuperará su inversión en el segundo año de venta de arroz pilado, obteniendo una ganancia total de \$7,207.77 en el año 10. En adición, se tiene que el valor actual neto del proyecto es de \$3.086,78 con una tasa interna de retorno del 73%, con lo cual se concluye que el proyecto es económicamente rentable durante los 10 años de vida. Además, en comparación con el flujo de caja según la situación actual, se evidencia que el proyecto puede generar mayores beneficios económicos para los productores.

El detalle de los cálculos realizados para la estimación de ingresos y egresos se muestran en el apéndice C.

### 3.3.4 Costo del proyecto bajo conceptos de economía circular

Dado que uno de los requerimientos del proyecto es que el mismo debe ser lo más barato posible, se realizó una búsqueda de materiales existentes, y también se solicitaron donaciones, con lo cual fue posible reducir los costos hasta un valor total de \$247,34, como se muestra en la tabla 3.11 a continuación.

**Tabla 3.11 Inversión requerida aplicando conceptos de economía circular**

<b>Inversión para el Prototipado</b>				
<b>Materiales</b>				
<b>Componente</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Unitario (USD)</b>	<b>Costo Total (USD)</b>
Estructura	Plancha A36 laminada al caliente de 2000x1500x3 mm	0,5	\$109	\$54,34
Tamiz	Lámina de acero inoxidable con perforaciones alargadas 1x20m	0,4	\$172,00	\$68,80
Estructura	Pernos 1/2" x 1 1/2"	10	\$0,65	\$6,50
Estructura	Pernos 1/4" x 1 1/2"	10	\$0,40	\$4,00
Estructura	Tuerca con seguro de Nylon 1/2"	10	\$0,55	\$5,50
Estructura	Tuerca 1/4"	10	\$0,10	\$1,00
Controlador	Contactador 18A 1NO	1	\$13,50	\$13,50
Controlador	Guardamotor 13-18A	1	\$32,00	\$32,00
Controlador	Breaker 3x20A 6ka	1	\$10,00	\$10,00
Controlador	Boton paro de emergencia	1	\$4,50	\$4,50
Controlador	Selector	1	\$3,00	\$3,00
Controlador	Luz piloto	2	\$3,00	\$6,00
Funjibles	Fungibles (grasa, lijas, desoxidante)	1	\$15	\$15,00
Funjibles	Funda Soldadura 6011	1	\$6,20	\$6,20
<b>Otros costos (servicios)</b>				
<b>Tipo</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor</b>	<b>Total</b>
Rolado	Rolado de lámina para formación de camisa	1	\$12,00	\$12,00
Fresado	Formación de ranuras para paletas en el tambor	1	\$5,00	\$5,00
<b>VALOR TOTAL INVERSION</b>				<b>\$247,34</b>

De esta forma, gracias a los conceptos de economía circular, es posible reducir los costos hasta en un 74%, dando así mayores beneficios a los productores.

# CAPÍTULO 4

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Una vez que se ha culminado con el proyecto, se pueden establecer las siguientes conclusiones y recomendaciones.

### 4.1 Conclusiones

Se construyó una piladora con una capacidad de producción ideal de 30 kg/h, que, por encima de este valor, se incrementa la cantidad de arroz con cáscara, debido a que el descascarado depende principalmente de la condición del grano, y de la velocidad de giro del tambor, considerando esto, el equipo llega a tener una eficiencia de descascarado del 88%, con 1% de arroz con cáscara y el resto en arrocillo.

A partir de las pruebas preliminares realizadas con el diseño inicial, se establece que existen problemas en el procesamiento del producto en base a su baja eficiencia, es decir, una alta cantidad de arroz con cáscara como producto procesado, alrededor del 66%.

Para lograr una mejor eficiencia, fue necesario rediseñar 2 elementos del equipo, el primero de ellos fue el eje, al cual se le dio una forma híbrida (helicoidal y lineal) de tal manera de que al inicio de la cámara permita un avance rápido del arroz, mientras que, en la zona intermedia y final, permitiera un avance lento para poder quitar la cáscara y dar paso al pulido de los granos. El segundo elemento rediseñado fue la criba, que, para este caso, se determinó que las perforaciones debían pasar de 1.5x20 mm a 1x20 mm, debido a que el arroz registraba en promedio un diámetro de 1 mm en su zona central. No obstante, fue necesario añadir nuevos elementos al equipo, entre ellos se tiene una nueva criba para la camisa superior para aumentar el área de fricción dentro de la cámara, una compuerta a la salida del arroz para permitir el completo llenado de la cámara, y también se añadió una zaranda a la salida del equipo para separar el producto bueno (grano dentro de

especificación) del arrocillo (grano fuera de especificación), así, se logró obtener una eficiencia de pelado del 88% en el mejor rango de operación, el mismo que se da en los máximos puntos de eficiencia respecto a la apertura de la compuerta de la tolva (ingreso de producto) y de la velocidad de giro del tambor, que gracias a los datos obtenidos de forma experimental, se da cuando la compuerta de la tolva se encuentra entre 40% y 60% de apertura, mientras que para la velocidad de giro, se da entre 1700 a 2300 RPM.

Finalmente, con respecto a la capacidad de producción del equipo, se pudo denotar que esta depende principalmente de la apertura de la tolva y de la velocidad de giro del tambor, lo que permite variar la capacidad desde los 11 kg/h hasta 141 kg/h. No obstante, la capacidad operativa en promedio es de 30 kg/h en el punto óptimo de carga.

## **4.2 Recomendaciones**

Como recomendaciones del proyecto se tienen:

Se recomienda que, si se desea aumentar la eficiencia de pilado, se debe aumentar el área abierta de las cribas, además de cambiar el tamaño de los orificios de la zaranda según la clase de arroz que se desee obtener.

También se recomienda añadir un sistema de soplado a la salida del equipo, con el fin de quitar las cascarillas que puedan llegar a presentarse, y, asimismo, poder aprovechar la corriente de aire para refrigerar los elementos de la transmisión de potencia.

Finalmente, se recomienda que este equipo sea complementado con otros equipos a futuro, como lo son un secador para reducir la humedad del grano antes de ser procesado, y un clasificador de arroz por color y tamaño, con el fin de entregar un producto con la mayor calidad posible.

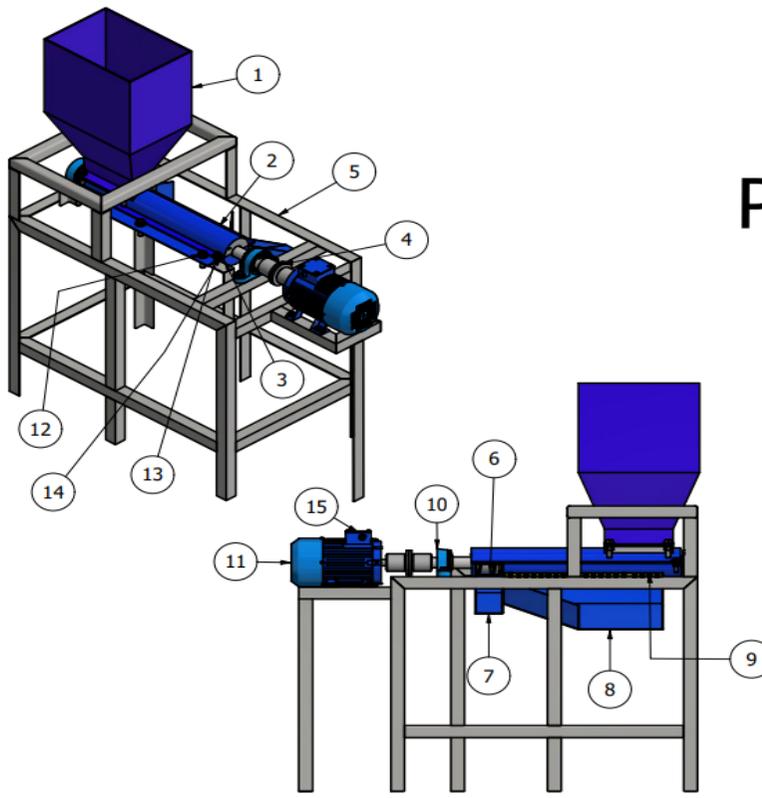
# BIBLIOGRAFÍA

- [1] E. Delgado y J. Peralta, «The 18th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology: Engineering, Integration, And Alliances for A Sustainable Development” “Hemispheric Cooperation for Competitiveness and Prosperity on A Knowledge-Based Economy,» de *Levantamiento de las condiciones del Habitat en el marco de comunidades sostenibles del recinto Paipayales, Cantón Santa Lucía*, Virtual, 2020.
- [2] C. Yugcha, E. Maldonado, O. Ayala, G. Chandi y J. Castro, «Zonificación agroecológica económica del cultivo de Arroz (*Oryza sativa* L.) en el Ecuador continental,» Sistema de Información Pública Agropecuaria del Ecuador, Quito, Ecuador, 2014.
- [3] J. Garaycoa y E. Cárdenas, «Diseño de una Piladora móvil artesanal de 150 kg/h para la comunidad de,» Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción - ESPOL, Guayaquil, Ecuador, 2021.
- [4] J. Zúñiga, D. Alarcón y J. García, «Arroz: Calidad de exportación,» *Revista Corpcom Ecuador*, vol. 1, nº 33, p. 41, 2021.
- [5] M. D., U. S., C. R., C. M., P. P., A. D., L. R. y A. R., «Caracterización del sector arrocero en Ecuador 2014-2019: ¿Está cambiando el manejo del cultivo?,» Alianza de Bioversity International y el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia, 2021.
- [6] T. Barba, A. Arias y M. Heredia, «Boletín situacional - cultivo de arroz,» Sistema de Información Pública Agropecuaria del Ecuador (SIPA), Quito, Ecuador, 2021.
- [7] ISO/TC 283 Gestión de seguridad y salud en el trabajo, «ISO.org,» Marzo 2018. [En línea]. Available: <https://www.iso.org/standard/63787.html>. [Último acceso: 6 Junio 2022].
- [8] A. Najar y J. Merino Alvarez, «Mejoras en el proceso productivo y modernización mediante sustitución y tecnologías limpias en un molino de arroz,» *INDUSTRIA DATA*, 2007.

# APÉNDICES

# APÉNDICE A

En esta sección se muestran los planos del diseño original, planteados por los tesis J. Garaycoa y E. Cárdenas, desarrollados durante el II término 2021-2022.

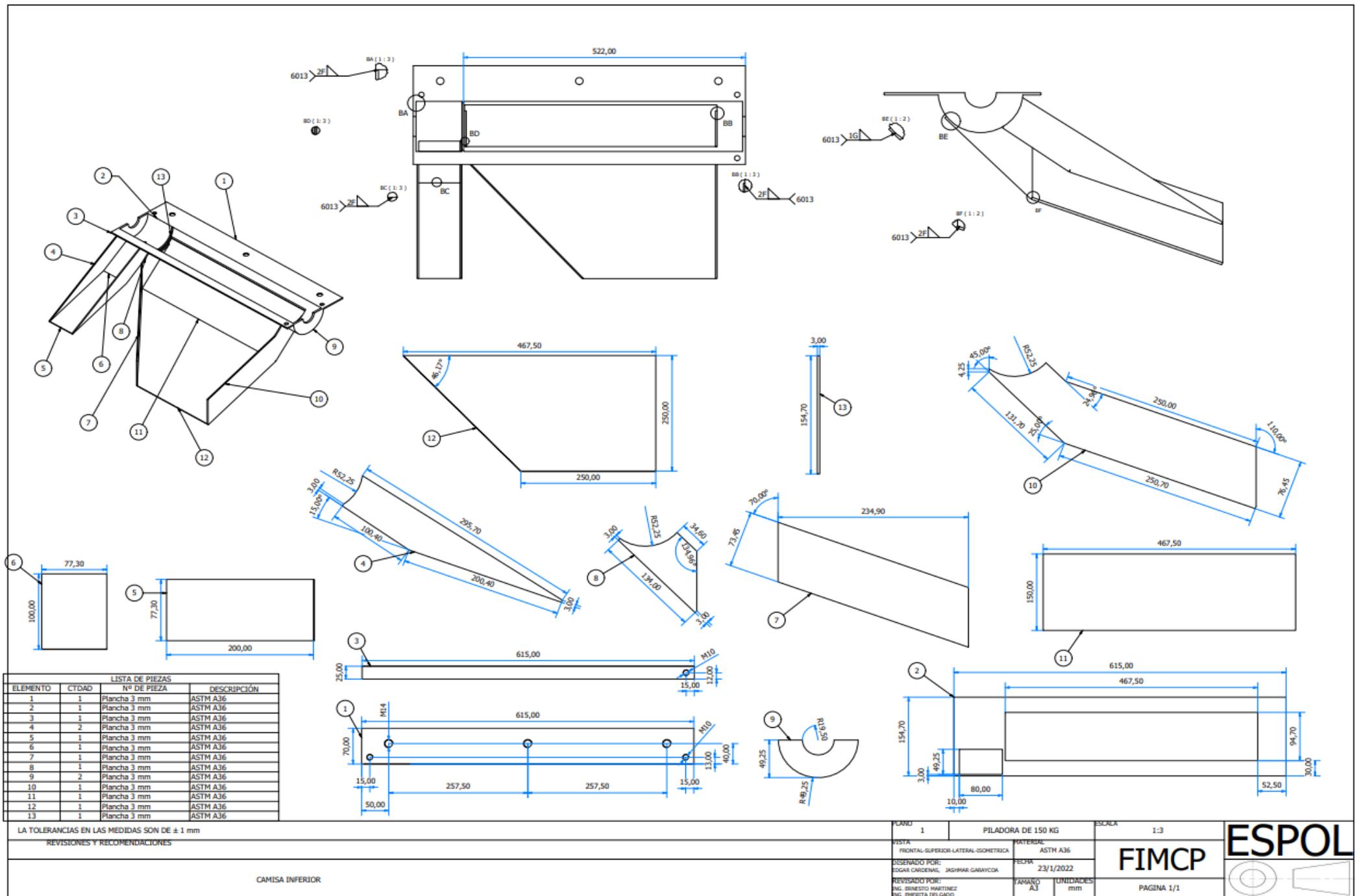


## PILADORA ARTESANAL

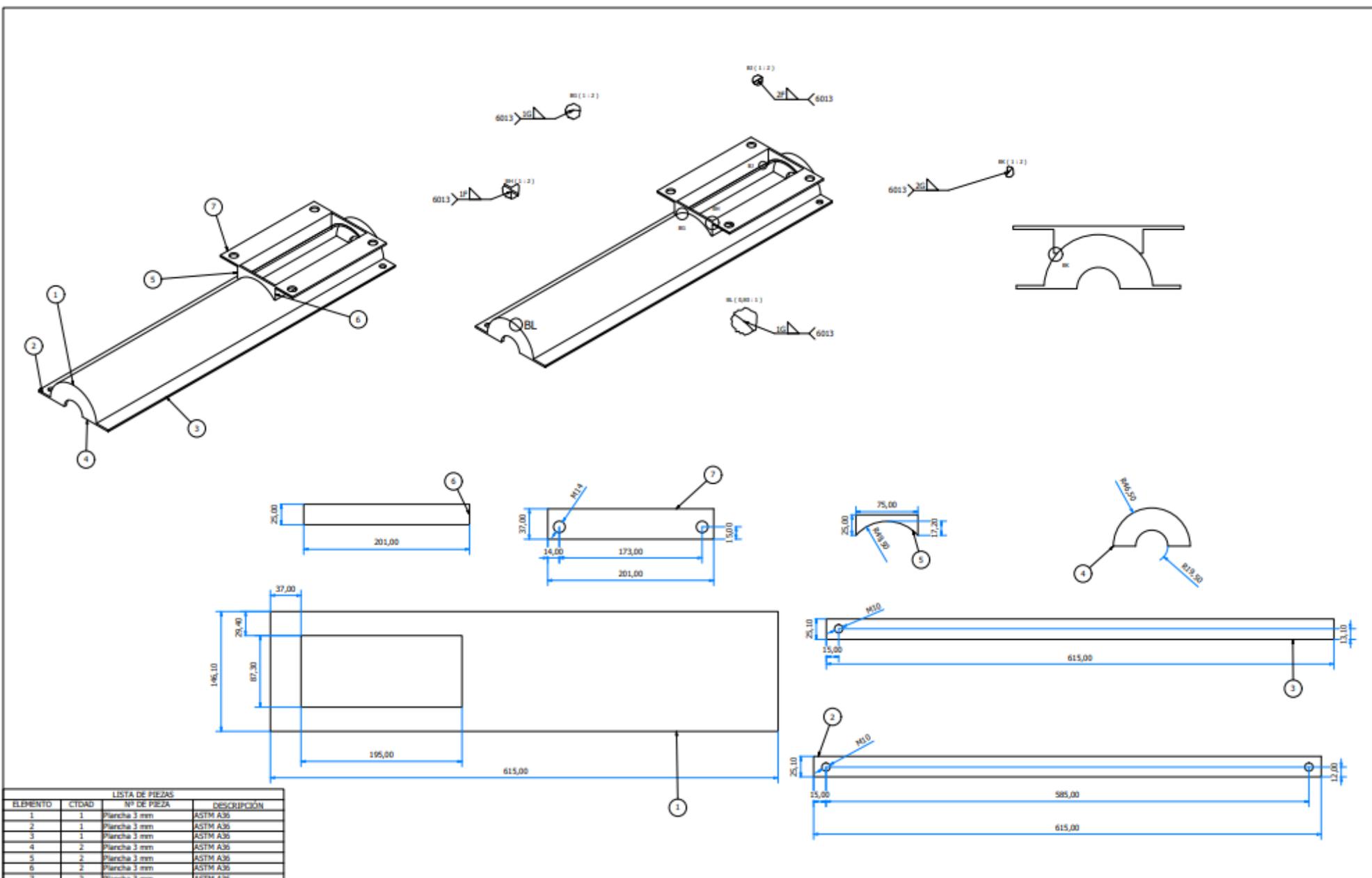
LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
1	1	Tolva	ASTM A36
2	1	Camisa superior	ASTM A36
3	1	Camisa inferior	ASTM A36
4	1	Coupling	SKF
5	1	Estructura de soporte del equipo	ASTM A36
6	1	Tambor	ASTM A36
7	1	Rampa/salida-arroz	ASTM A36
8	1	Rampa/salida-cascara	ASTM A36
9	1	Tamiz	Acero Inoxidable 316
10	2	Chumacera	SKF
11	1	Motor 1 HP 1750 RPM	WEG
12	7	Perno M14	ASTM A36
13	9	Perno M10	ASTM A36
14	16	Arandela M14	ASTM A36
15	1	Variador de frecuencia 1HP	KEWO

LA TOLERANCIAS EN LAS MEDIDAS SON DE $\pm 1$ mm	PLANO 1	PILADORA DE 150 KG	ESCALA 1:12
REVISIONES Y RECOMENDACIONES	VISTA ISOMETRICA-LATERAL	MATERIAL ASTM A36	<b>FIMCP ESPOL</b>
LISTADO DE PIEZAS DE LA PILADORA	DISEÑADO POR: EDGAR CARDENAS, JASHMAR GARAYCOA	FECHA 23/1/2022	
	REVISADO POR: ING. ERNESTO MARTINEZ ING. EMERITA DELGADO	TAMANO: A3	

Plano 1: Ensamble del diseño original



Plano 2: Camisa inferior



LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCION
1	1	Plancha 3 mm	ASTM A36
2	1	Plancha 3 mm	ASTM A36
3	1	Plancha 3 mm	ASTM A36
4	2	Plancha 3 mm	ASTM A36
5	2	Plancha 3 mm	ASTM A36
6	2	Plancha 3 mm	ASTM A36
7	2	Plancha 3 mm	ASTM A36

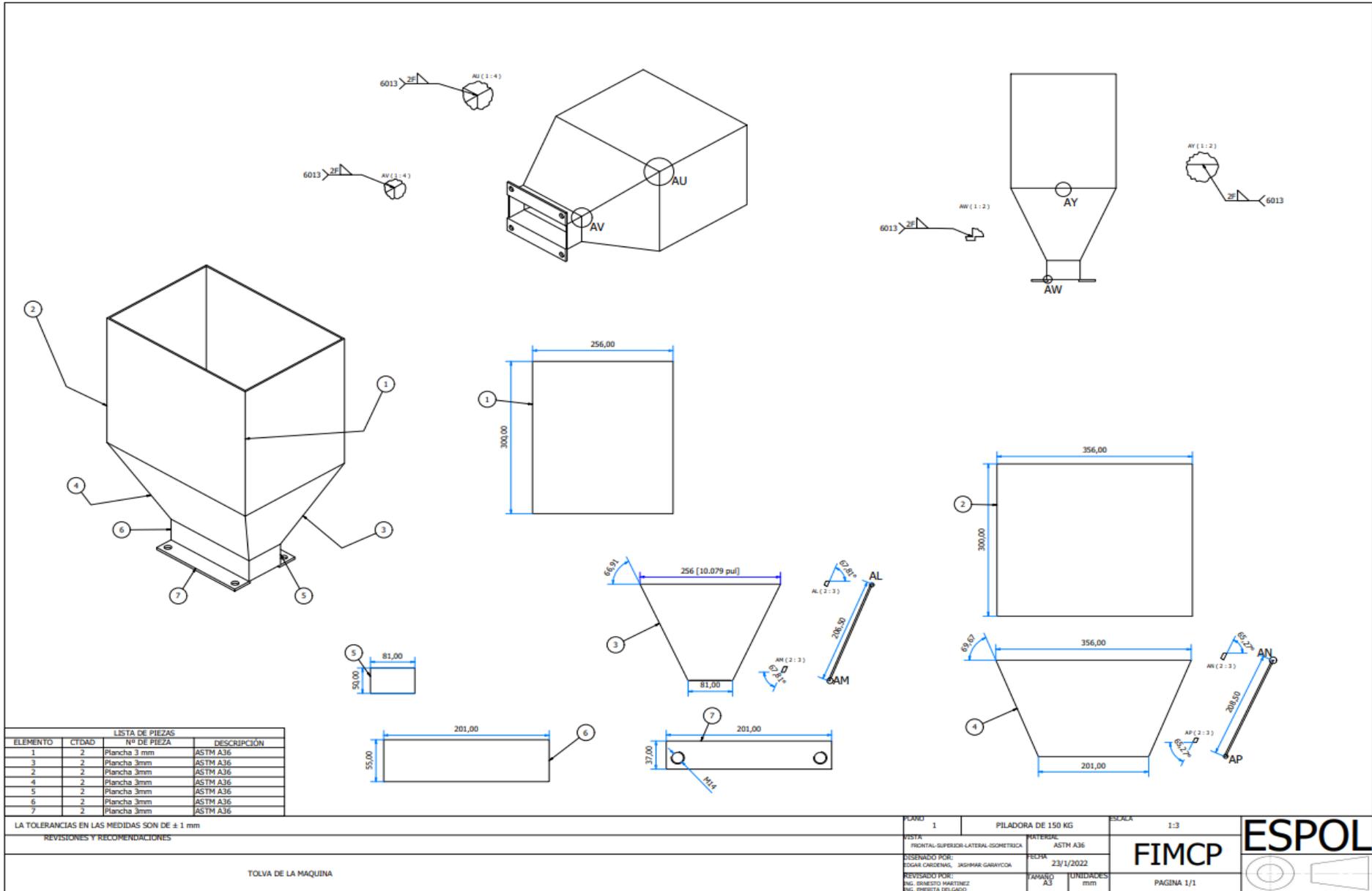
LA TOLERANCIAS EN LAS MEDIDAS SON DE ± 1 mm

REVISIONES Y RECOMENDACIONES  
LA PIEZA 1 DEBE SER ROLADA A UN RADIO 46,50 MM

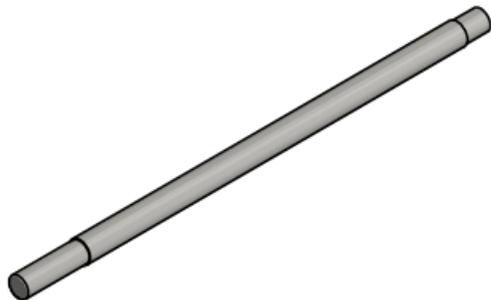
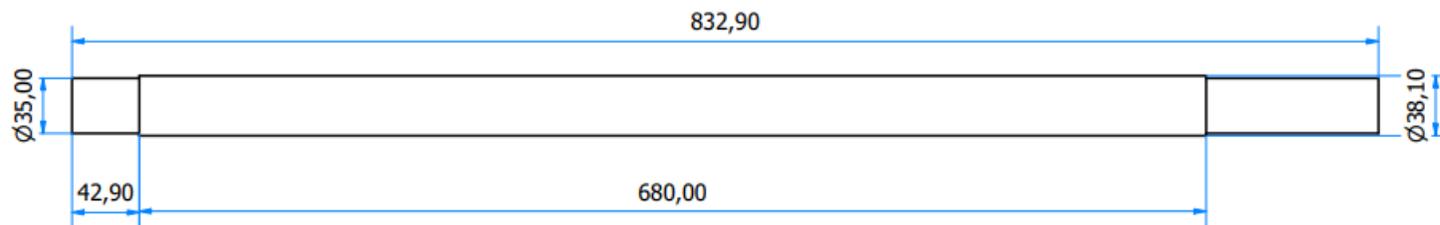
CAMISA SUPERIOR

ITEM	1	PILODORA DE 150 KG	ESCALA	1:3
PIEZA	FRONTAL SUPERIOR LATERAL ISOMETRICA	MATERIAL	ASTM A36	<b>FIMCP</b> <b>ESPOL</b>
DESIGNADO POR	EDUAR CARRERA, JIMMY GARCIA	FECHA	23/1/2022	
REVISADO POR	ING. ROBERTO MARTINEZ ING. MARCELO DELGADO	ANEXO	A3	
			UNIDADES	MM
				PAGINA 1/1

Plano 3: Camisa superior

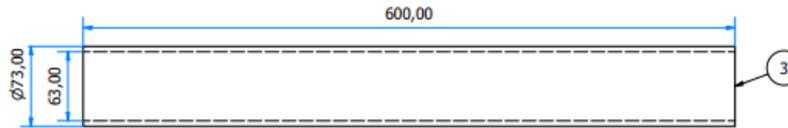
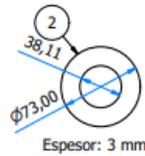
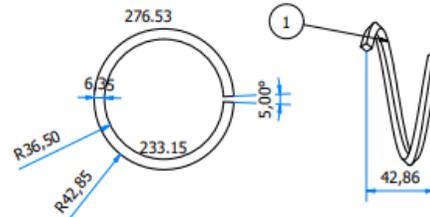
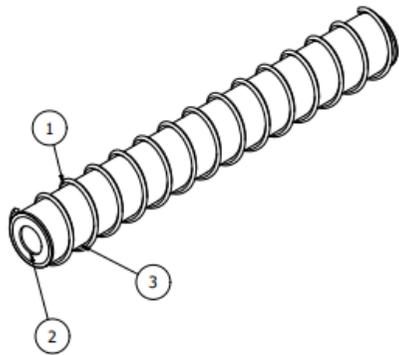
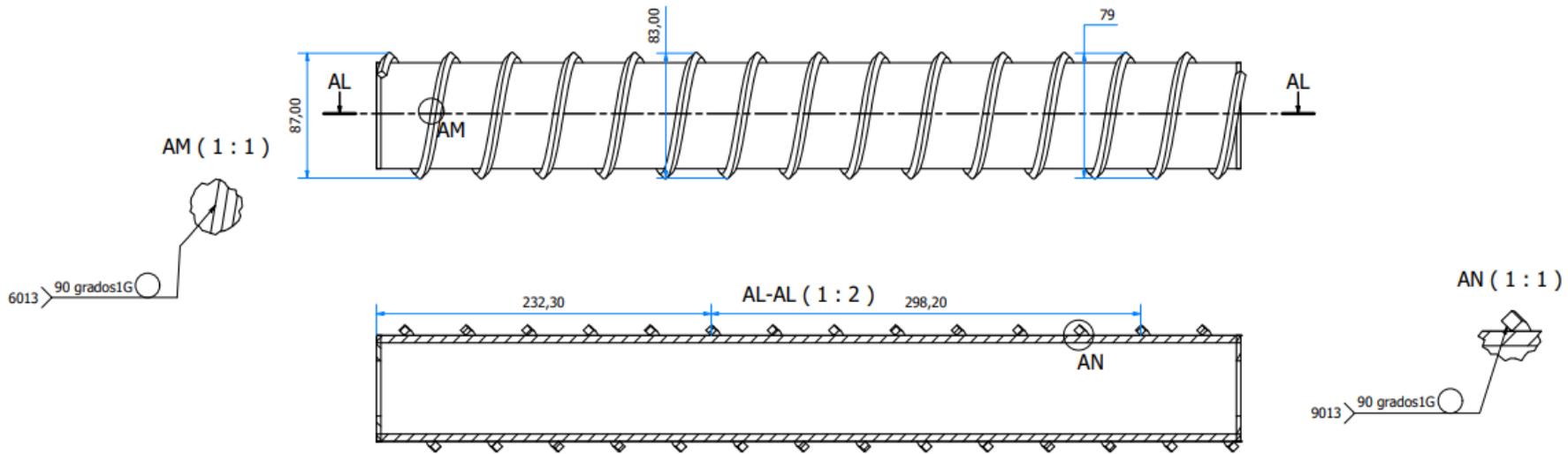


Plano 4: Tolva



LA TOLERANCIAS EN LAS MEDIDAS SON DE $\pm 1$ mm	PLANO 3	PILADORA DE 150 KG		ESCALA 1:3	<b>ESPOL</b>
REVISIONES Y RECOMENDACIONES	VISTA FRONTAL	MATERIAL ASTM A36	<b>FIMCIP</b>		
EJE DE LA MAQUINA	DISENADO POR: EDGAR CARDENAS, JASHMAR GARAYCOA	FECHA 23/1/2022			PAGINA 1/1
	REVISADO POR: ING. ERNESTO MARTINEZ ING. EMERITA DELGADO	TAMANO A3	UNIDADES mm		

Plano 5: Eje



LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
1	14	Helicoide	ASTM A36
2	2	Tapa	ASTM A36
3	1	Tubo Ced. 40	ASTM A36

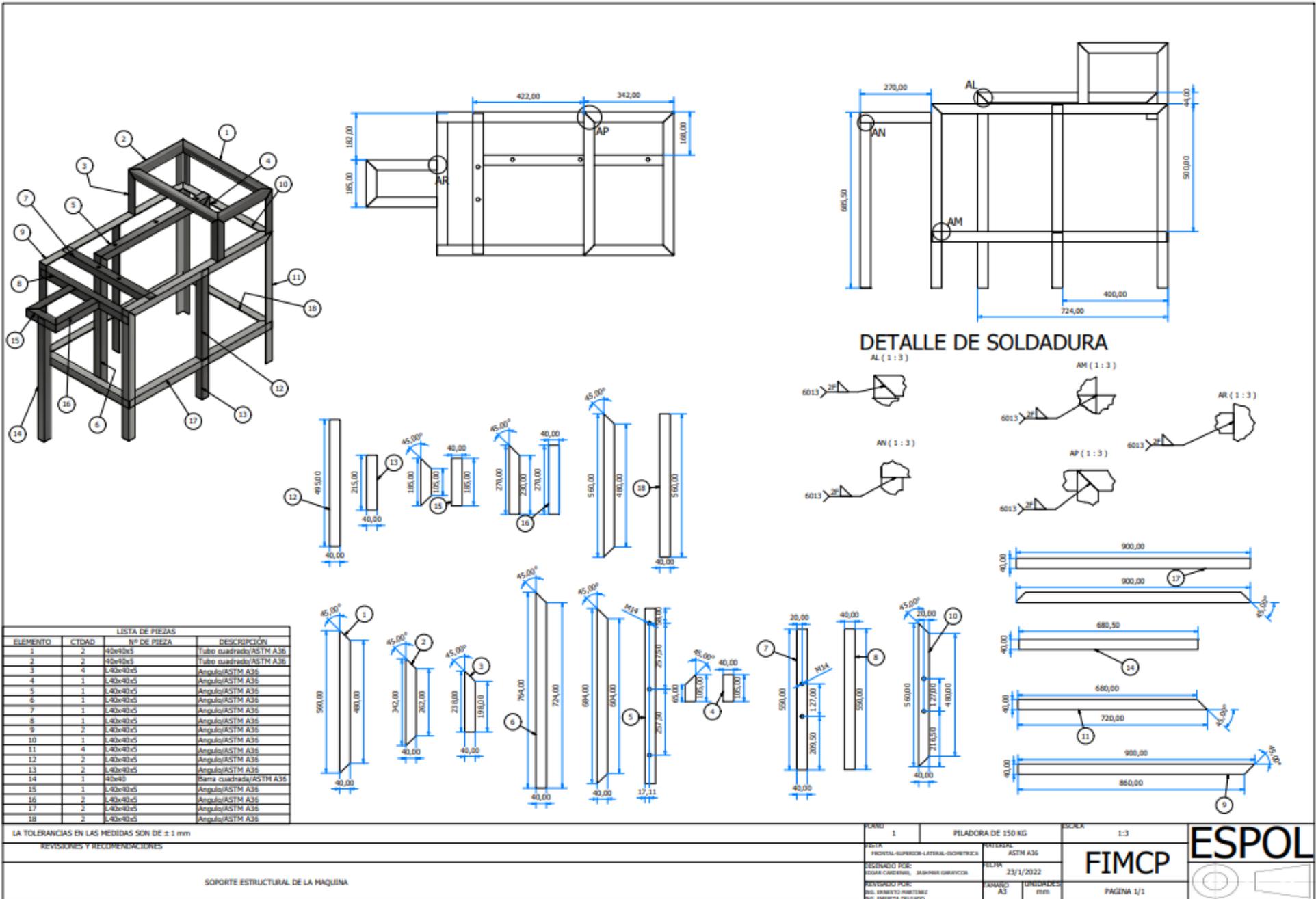
LA TOLERANCIAS EN LAS MEDIDAS SON DE  $\pm 1$  mm

REVISIONES Y RECOMENDACIONES

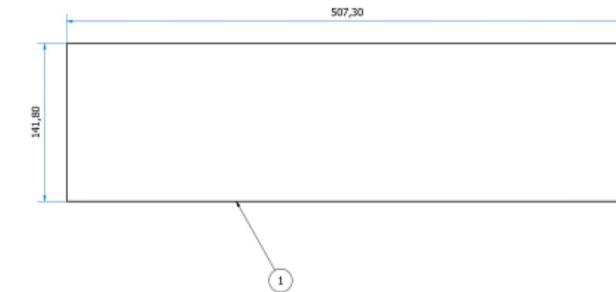
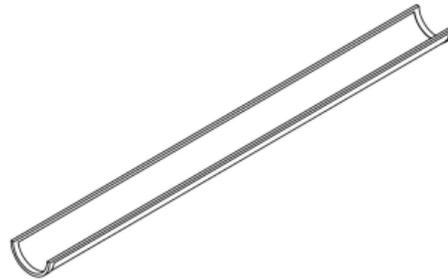
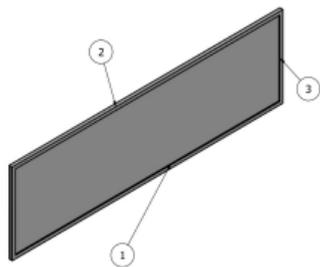
TAMBOR

PLANO	PILADORA DE 150 KG		ESCALA	1:3	<b>ESPOL</b>
VISTA	MATERIAL	FECHA		<b>FIMCP</b>	
FRONTAL-SUPERIOR-LATERAL-ISOMETRICA	ASTM A36	23/1/2022			PAGINA 1/1
DISEÑADO POR:	TAMAÑO	UNIDADES			
EDGAR CARDENAS, JASHMAR GARAYCOA	A2	mm			
REVISADO POR:					
ING. ERNESTO MARTINEZ					
ING. EMERITA DELGADO					

Plano 6: Tambor



Plano 7: Mesa de soporte

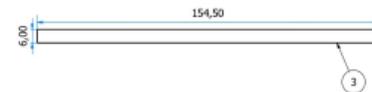
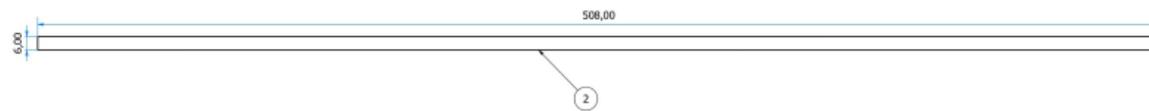
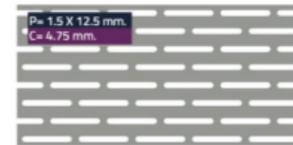


**Perforaciones Alargadas**

Perforación Standard: P= Perforación / C= Distancia entre centros



P = A x L (Ancho x Largo)  
C = Distancia centro a centro



LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
1	1	Malla	Acero inoxidable 316
2	2	Marco 1	Acero inoxidable 316
3	2	Marco 2	Acero inoxidable 316

LA TOLERANCIAS EN LAS MEDIDAS SON DE  $\pm 1$  mm

REVISIONES Y RECOMENDACIONES

TAMIZ

PLANO	1	PILADORA DE 150 KG	ESCALA	1:3
VISTA	FRONTAL-SUPERIOR-LATERAL-ISOMETRICA		MATERIAL	ASTM A36
DISEÑADO POR:	EDGAR CARDENAS	JOSHEPER GARAYCOC	FECHA	23/1/2022
REVISADO POR:	ING. ERNESTO MARTINEZ	ING. ENRIQUETA DELgado	UNIDADES	MM
			PAGINA	1/1

FIMCP

ESPOL



Plano 8: Criba

## APÉNDICE B

En esta sección se muestran los materiales encontrados en la bodega de la ESPOL, también, se muestran los planos de los elementos rediseñados y el ensamblaje final del equipo.

Entre los materiales encontrados se tienen:

- Eje de acero galvanizado, de 38 mm x 1000 mm.



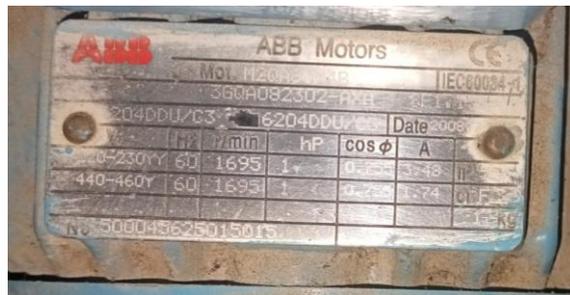
- Tubo de 52 mm x 715 mm con espesor de 4 mm.

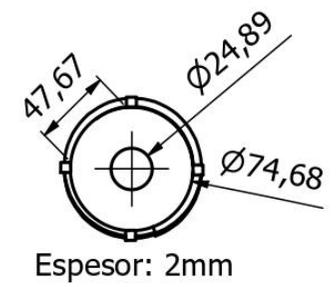
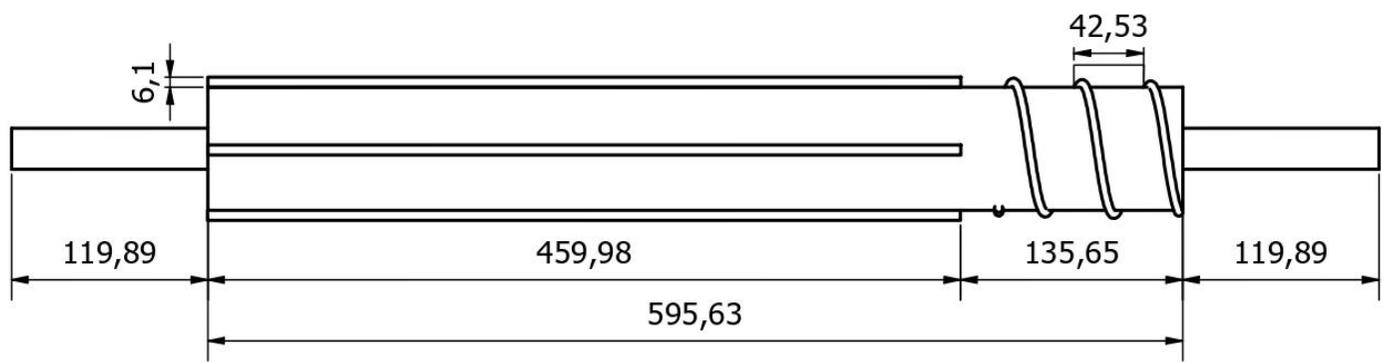
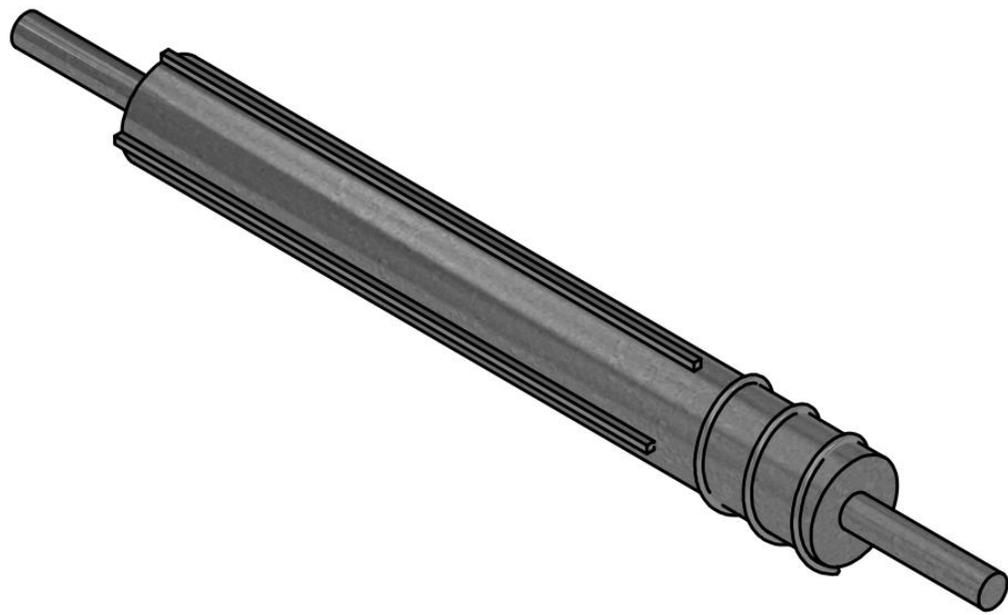


- Tubo de 120 mm x 1295 mm con espesor de 3 mm.



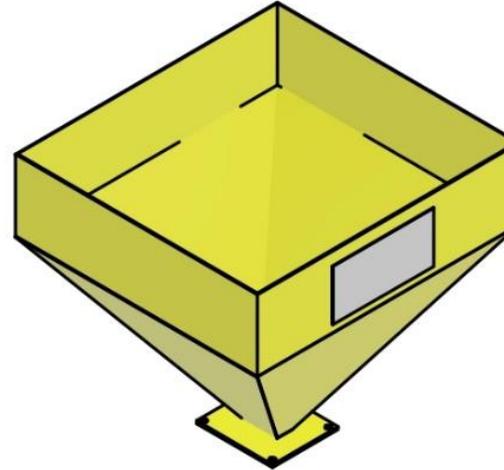
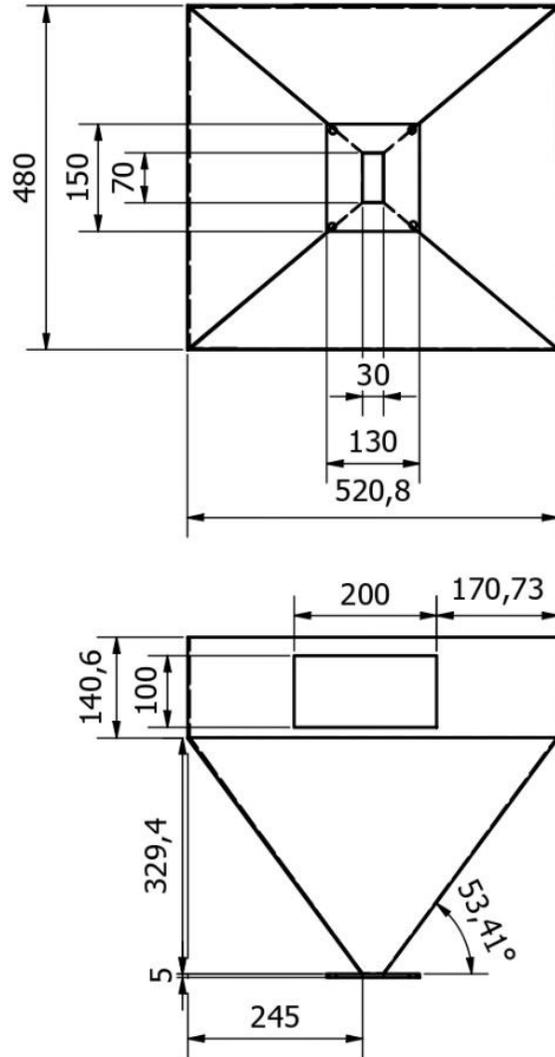
- Motor de 1 Hp a 1695 RPM.





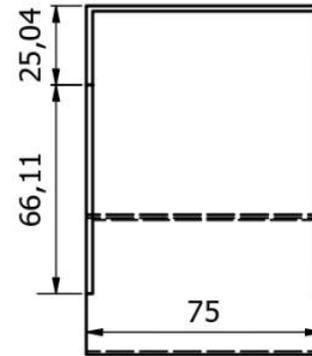
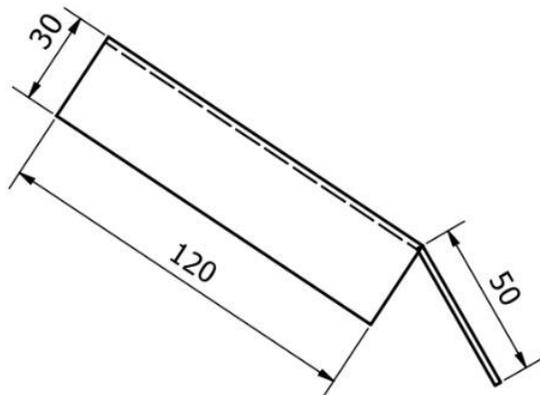
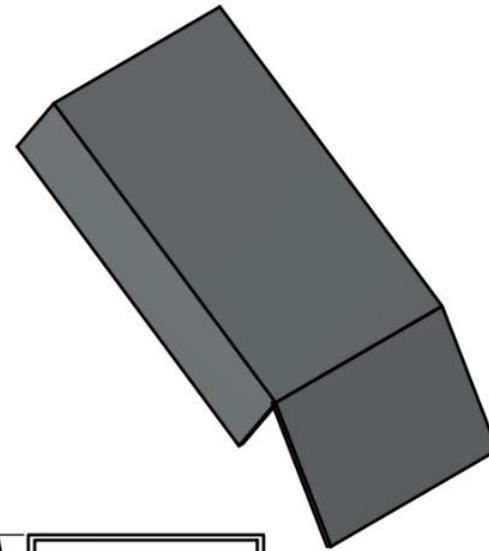
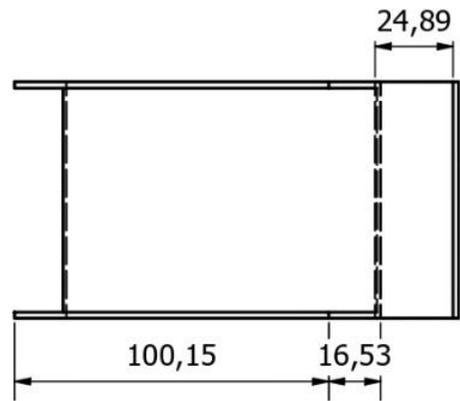
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y CIENCIAS DE LAS PRODUCCIÓN		Tutores:	Ing. Emérita Delgado Ing. Ernesto Martínez	
		Alumnos:	Kevin Toala Andrés Pinamoto	
		Fecha:	17/09/22	
		Paralelo:	3	
Plano: 1	PILADORA DE 150 KG		Página:	0
Escala: 1:4	EJE PRINCIPAL			
I Término 2022				

Plano 9: Eje modificado.



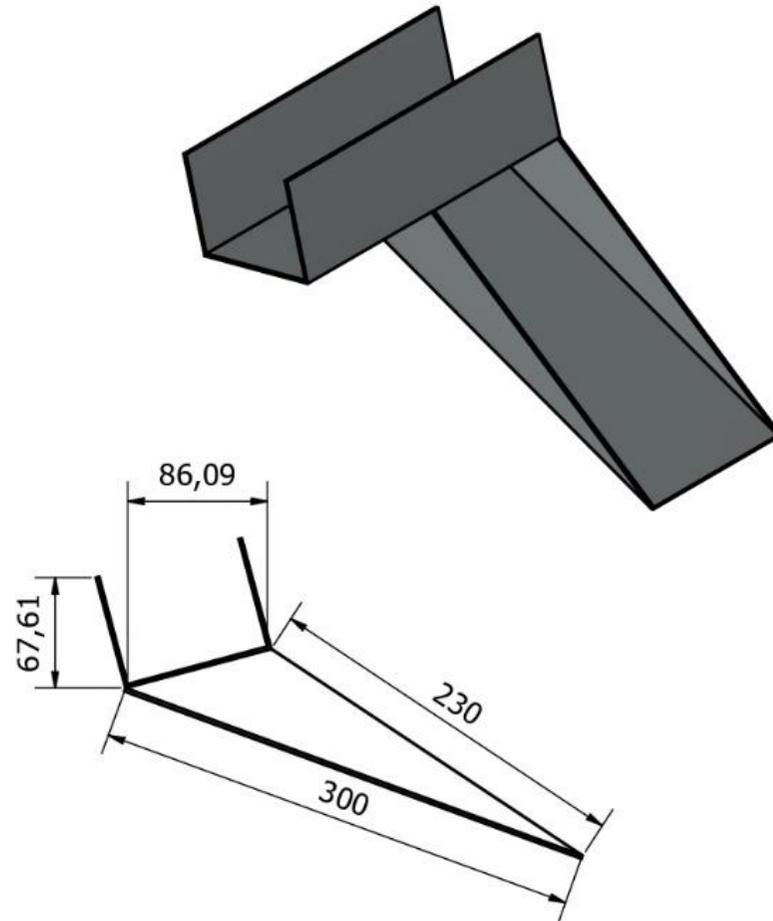
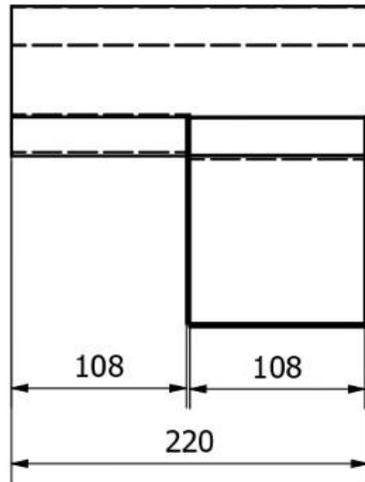
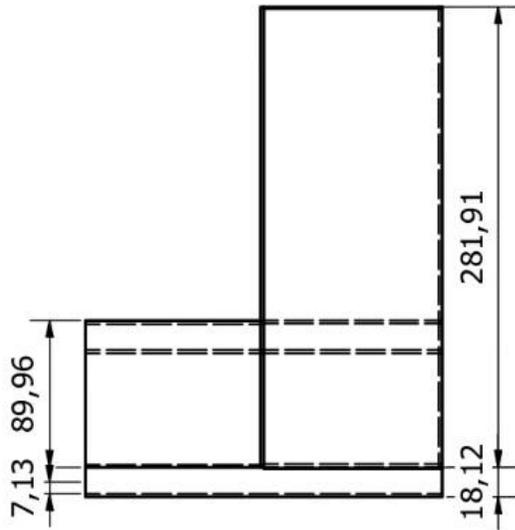
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y CIENCIAS DE LAS PRODUCCIÓN		Tutores:	Ing. Emérita Delgado Ing. Ernesto Martínez
		Alumnos:	Kevin Toala Andrés Pinarote
		Fecha:	17/09/22
		Paralelo:	3
		Página:	0
Plano: 2	PILADORA DE 150 KG		
Escala: 1:9	TOLVA		
I Término 2022			

Plano 10: Tolva modificada.



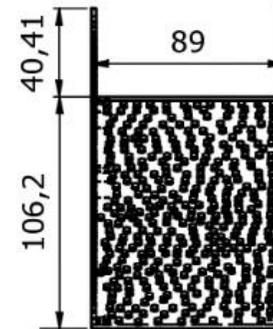
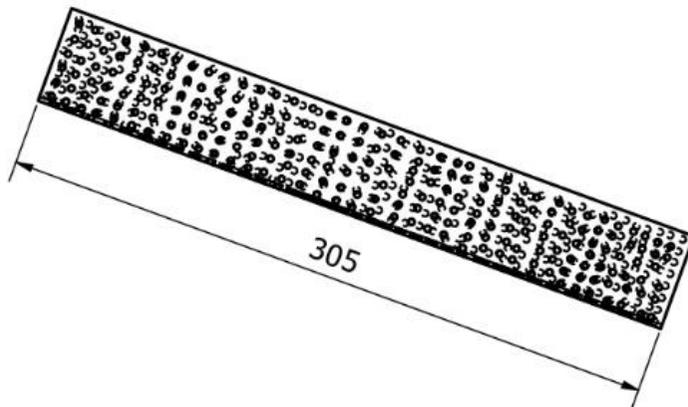
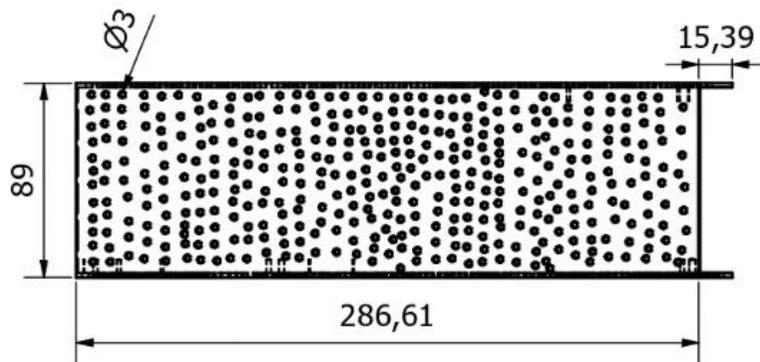
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y CIENCIAS DE LAS PRODUCCIÓN		Tutores:	Ing. Emerita Delgado Ing. Ernesto Martínez	
		Alumnos:	Kevin Toala Andrés Pinante	
		Fecha:	17/09/22	
		Paralelo:	3	
Plano: 5	PILADORA DE 15 KG		Página:	0
Escala: 1:2	TAMPA RAMPA DE ARROZ			
I Término 2022				

Plano 11: Tapa rampa de arroz.



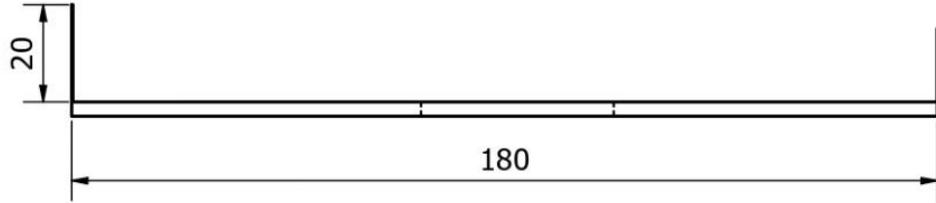
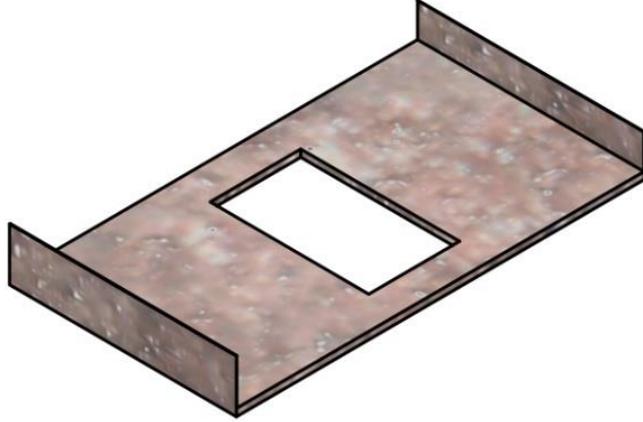
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y CIENCIAS DE LAS PRODUCCIÓN		Tutores:	Ing. Emerita Delgado Ing. Ernesto Martínez
		Alumnos:	Kevin Toala Andrés Pizarro
		Fecha:	17/09/22
		Paralelo:	3
Plano: 4	PILADORA DE 15 KG	Lámina:	0
Escala: 1:4	RAMPA DE ARROZ PELADO		
I Término 2022			

Plano 12: Rampa de arroz pelado modificada.



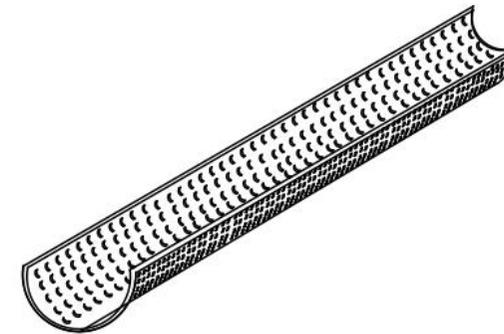
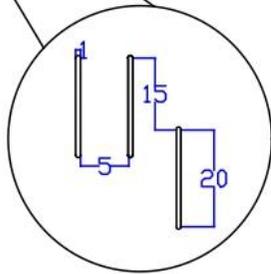
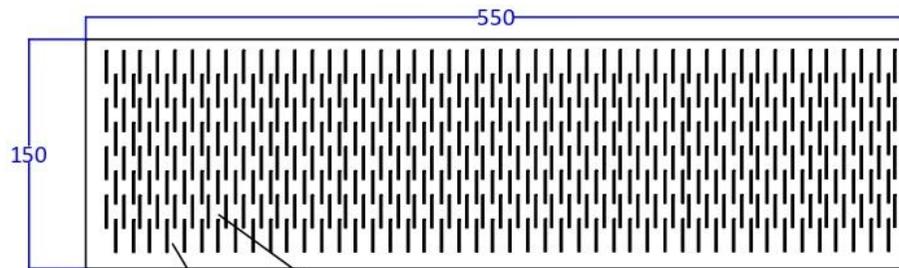
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y CIENCIAS DE LAS PRODUCCIÓN		Tutores:	Ing. Emerita Delgado Ing. Ernesto Martínez
		Alumnos:	Kevin Toala Andrés Pharoche
		Fecha:	17/09/22
		Paralelo:	3
		Página:	0
PLANO: 3	PILADORA DE 15 KG		
Escala: 1:3	RAMPA DE ARROCILLO		
I Término 2022			

Plano 13: Rampa de arrocillo.



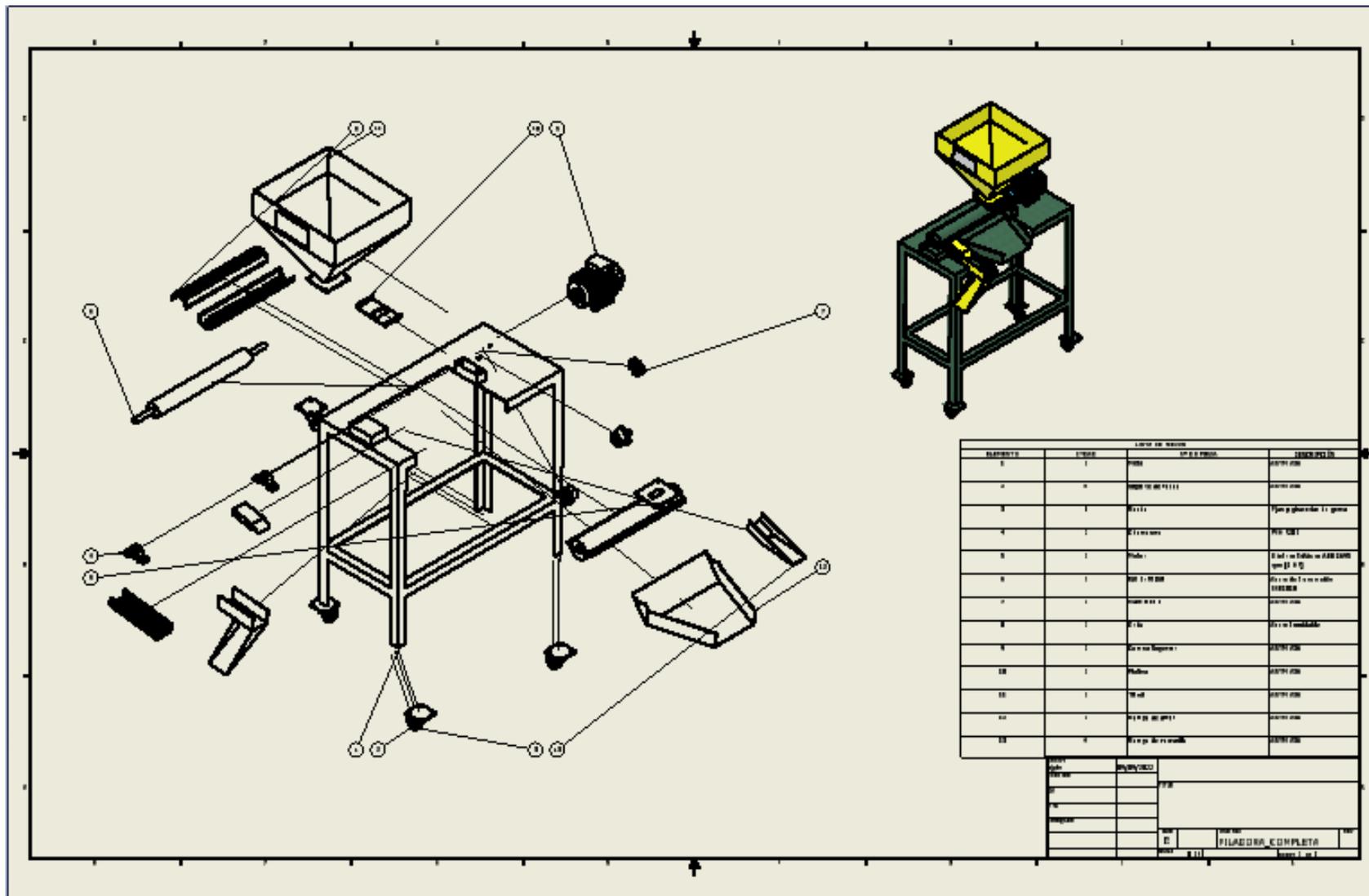
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y CIENCIAS DE LAS PRODUCCIÓN		Docente:	Dra. Emérita Delgado	
		Alumno:	Kevin Toala Andrés Pinarrota	
		Fecha:	17/09/22	
		Paralelo:	3	
Plano: 6	PILADORA DE 15 KG		Lámina:	0
Escala: 3:4	PLATINA			
I Término 2022				

**Plano 14: Platina.**



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y CIENCIAS DE LA PRODUCCIÓN		Docente:	E. Delgado
		Alumno:	K. Toala A. Pinargote
		Fecha:	07/08/2022
		Paralelo:	3
		Lámina:	1
		FIMCP	
Escala: 1:3 I Término 2022-2023	VISTA ISO A FRONTAL E ISOMÉTRICA		

Plano 15: Criba modificada



Plano 16: Listado de Piezas

## APÉNDICE C

En esta sección se muestran los enlaces de los vídeos de las diferentes pruebas realizadas, así como también, el detalle de los cálculos realizados para la estimación de ingresos y egresos utilizados en los flujos de caja.

Los videos de las pruebas se pueden visualizar en los siguientes enlaces:

- Prueba funcionamiento piladora: <https://youtu.be/0JDxcQY-4ow>
- Prueba configuración estándar: <https://youtu.be/4VRrgeezwYU>
- Pruebas cribas desfasadas: <https://youtu.be/5rqXKqqsDC0>
- Prueba a bajas RPM: <https://youtu.be/iaDLz9tF1KI>
- Producción piloto: <https://youtube.com/shorts/8cJt7UAB0Po>

### Cálculo de ingresos y egresos

- *Ingresos situación actual:*

Para este caso se considera un rendimiento por Hectárea de 30 Quintales, además, de que se realizan 2 cosechas al año, así, se puede obtener un rendimiento por año como:

$$\text{Rendimiento anual} = \text{Rendimiento} * \# \text{cosechas}$$

$$\text{Rendimiento anual} = 30 * 2 = 60 \left[ \frac{\text{Quintales}}{\text{hectarea}} * \text{año} \right]$$

Ahora, si se considera un precio de venta del quintal de arroz con cáscara de \$10/quintal, los ingresos pueden ser calculados como:

$$\text{Ingresos anual} = \text{Rendimiento anual} * \text{Precio venta}$$

$$\text{Ingresos anual} = 60 * 10 = 600 \left[ \frac{\$}{\text{hectarea}} * \text{año} \right]$$

- *Egresos situación actual:*

Para este caso se considera un costo promedio de elaboración de \$400 por hectárea al año, además, se considera un rubro de transporte, el cual comprende un costo por flete de \$10 para una capacidad de 10 quintales por viaje, así, el costo por transporte al año se puede calcular como:

$$\text{Costo transporte anual} = \frac{\text{Rendimiento anual}}{\text{Capacidad de transporte}} * \text{Costo del flete}$$

$$\text{Costo transporte anual} = \frac{60}{10} * 10 = 60 \left[ \frac{\$}{\text{hectarea}} * \text{año} \right]$$

- *Ingresos situación proyectada:*

Para este caso se consideran 2 fuentes de ingresos, las cuales corresponden a la venta de arroz y de arrocillo, con precios de venta de \$28 y \$10 por quintal respectivamente, así las ventas anuales se calculan como:

$$\text{Venta anual arroz} = \text{Rendimiento anual} * \text{Precio venta arroz}$$

$$\text{Venta anual arroz} = 60 * 28 = 1680 \left[ \frac{\$}{\text{hectarea}} * \text{año} \right]$$

$$\text{Venta anual arrocillo} = \text{Rendimiento anual} * \text{Precio venta arrocillo}$$

$$\text{Venta anual arroz} = 60 * 10 = 600 \left[ \frac{\$}{\text{hectarea}} * \text{año} \right]$$

- *Egresos situación proyectada:*

Para este caso se considera un costo promedio de elaboración de \$400 por hectárea al año, además, se considera otros rubros como mantenimiento del equipo y electricidad, los cuales pueden ser calculados como:

Para el costo por consumo energético, se tiene que la potencia del motor es de 0,7457 kW, que, si se considera un tiempo de operación de 10 horas por día, se tiene un consumo de 7,457 [kW hora], con un valor de \$0,09 [\$/kWh], teniendo un costo por día de \$6,86. Si se necesitan 6 días para procesar una hectárea, entonces el costo anual por consumo energético es \$41,16 [\$/Hectárea]\*Año.

Para el mantenimiento, se considera el costo del reemplazo las piezas y fungibles que deben emplearse por año, lo que corresponde a 3 tubos de grasa alta temperatura y 2 cribas, así, se tiene un valor total de \$182 por año.

### **Cálculo de la tasa de descuento**

La tasa de descuento representa una medida de la rentabilidad mínima que se exigirá al proyecto de acuerdo con su riesgo y se utiliza para el cálculo del valor actual neto del proyecto.

La tasa de descuento se obtiene reemplazando la siguiente fórmula:

$$K_d = K_c * (1 - T) (D) + (K_e) (CP)$$

Donde:

$K_c = 0.16$ , Tasa del costo de financiamiento

$T = 0.25$ , Tasa impositiva (Renta)

$D = 1$ , Porcentaje de la inversión financiada por deuda

$K_e = 0.80$ , Tasa de rentabilidad esperada por el inversionista

$CP = 0$ , Porcentaje de la inversión financiada por capital propio

Reemplazando los valores se obtiene:

$$K_d = (0.16) * (1 - 0.25) (1) + (0.80) (0)$$

$$\mathbf{K_d = 0.12 = 12\%}$$

## **VALOR ACTUAL NETO (VAN)**

El Valor Actual Neto es la cantidad monetaria que resulta de regresar los flujos netos futuros hacia el presente con una tasa de descuento. El proyecto se acepta siempre y cuando el VPN sea mayor o igual a cero, caso contrario se rechaza.

## **TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)**

La tasa interna de retorno (TIR) es aquella tasa de interés que hace igual a cero el valor de un flujo de beneficios netos. El criterio para aceptar o rechazar el proyecto se basa en que, si la TIR es menor que la tasa de descuento se debe rechazar el proyecto, en caso contrario se acepta.