

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

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

Diseño de un sistema mecánico de triturado y volteado de desechos
obtenidos de la fabricación de productos alimenticios.

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingeniero Mecánico

Presentado por:

Guido Alejandro Abril Macías

Jorge Andrés García Contreras

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2019

AGRADECIMIENTOS

Jorge Andrés García Contreras

Agradezco a mi madre Graciela Contreras por siempre apoyarme en los momentos difíciles de la carrera, a mi hermano Jonathan García por ayudarme en todo momento cuando más lo necesito, mi hermana Mabel García por darme ánimos en tiempo donde quería abandonar todo.

Guido Alejandro Abril Macías

Agradezco a mis padres Guido Abril Albán y Zaidy Macías Peña por todo el apoyo que me brindaron a lo largo de esta carrera. A Melina Sáenz, por ayudarme a encontrar los ánimos para seguir adelante aun con todos los obstáculos que enfrenté. A mi tío Washington Macías, por animarme a estudiar en esta universidad y a todos los que me acompañaron en esta etapa de mi vida.

DECLARACIÓN EXPRESA

"Los derechos de titularidad y explotación, me(nos) corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; Guido Alejandro Abril Macías y Jorge Andrés García Contreras damos nuestro consentimiento para que la ESPOL 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"

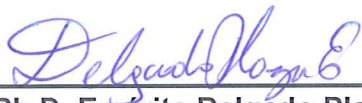


**Jorge Andrés
García
Contreras**



**Guido
Alejandro
Abril Macías**

EVALUADORES



Ph.D. Emérita Delgado Plaza

Profesora de la Materia



M.Sc. Galo Durazno Palacios

Tutor

RESUMEN

Existen empresas en el Ecuador dedicadas a la producción de y comercialización de alimentos. A la vez que se producen estos insumos, se generan desechos orgánicos y en ocasiones en mayor cantidad que la producción. El objetivo de este proyecto fue diseñar una trituradora y volteadora que utilice el desecho generado para convertirlo en abono.

De acuerdo a David Hakkens, las cuchillas se diseñaron en base al tamaño de triturado necesario con acero SISA O1. La volteadora fue dimensionada de acuerdo a la productividad deseada al año, y por estar en contacto constantemente con el desecho fue diseñado con acero inoxidable 304.

Se obtuvo una productividad de 90 toneladas al mes con 62 cuchillas y un diámetro de eje de 60 mm de acero 4340, debido a que las fórmulas para calcular el diámetro son para ejes circulares en vez de ejes hexagonales se realizó una simulación en inventor para comprobar la validez del cálculo dando resultados positivos con un factor de seguridad de 15. La volteadora fue dimensionada con un diámetro de 3m y 15m de largo se obteniendo una producción de 21.21 Kg por metro cúbico durante cada proceso.

En base al requerimiento se encuentra una relación entre el volumen triturado con número de cuchillas y revoluciones, seleccionando estos 2 parámetros para alcanzar la productividad deseada. Debido a que la volteadora será un ambiente controlado la producción de abono toma menor tiempo, alrededor de 2 semanas, en comparación con el método tradicional que toma meses de preparación.

Palabras Clave: Desecho orgánico, Abono, trituradora, volteadora.

ABSTRACT

There are companies in Ecuador dedicated to the production and marketing of food. While these supplies are produced, organic waste is generated and sometimes in greater quantity than the production. The objective of this project was to design a shredder and a turner that use the waste generated to turn it into fertilizer.

According to David Hakkens, the blades were designed based on the shredding size needed with SISA O1 steel. The turner was sized according to the desired productivity per year, and because of it being constantly in contact with the waste, the turner was designed with 304 stainless steel.

A productivity of 90 tons per month was obtained with 62 blades and a shaft diameter of 60 mm made of 4340 steel, because the equations for calculating for circular axis instead of hexagonal axis, a simulation was performed using the software Autodesk Inventor to check the validity of the calculation giving positive results with a safety factor of 15. The turner size was a diameter of 3m and 15 m long, obtaining a production of 21.21 kg per cubic meter during each process.

Based on the requirement, a relationship was found between the shredded volume with the number of blades and revolutions, selecting these two parameters to achieve the desired productivity. Because the turner is will have a controlled environment, the fertilizer production takes less time, about 2 weeks, compared to the traditional method that takes months of preparation.

Keywords: organic waste, fertilizer, shredder, turner.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	I
ABSTRACT	II
ÍNDICE GENERAL	III
ABREVIATURAS	V
SIMBOLOGÍA	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
ÍNDICE DE TABLAS	XIII
ÍNDICE DE PLANOS	XIV
CAPÍTULO 1	1
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Descripción del problema	1
1.2 Justificación del problema	2
1.3 Objetivos	2
1.4 Marco teórico	3
Volteadora tradicional	10
Volteadora de vaso	11
CAPÍTULO 2	13
2. METODOLOGÍA	13
2.1 Requerimientos de diseño	14
2.2 Alternativas de diseño	14
2.3 Diseño de sistema de Entrada	14
2.4 Diseño de cuchillas	15
2.5 Sistema mecánico	16
2.6 Diseño de Volteadora	32
2.7 Bancadas	35
2.8 Simulaciones	36
CAPÍTULO 3	37
3. RESULTADOS Y ANÁLISIS	37
3.1 Resultados de diseño	37
3.2 Resultados de simulaciones de elementos finitos	43
3.3 Análisis y resultado de costos	46
CAPÍTULO 4	49
4. Conclusiones Y Recomendaciones	49
4.1 Conclusiones	49

4.2 Recomendaciones	50
BIBLIOGRAFÍA	52
APÉNDICES	55

ABREVIATURAS

ESPOL Escuela Superior Politécnica del Litoral

ASTM American Society for Testing and Materials

RPM Revoluciones por minute

AISI American Iron and Steel Institute

PIB Producto Interno Bruto

AGMA American Gear Manufacturers Association

SIMBOLOGÍA

C/N	Relación Carbono Nitrógeno
Cm	Centímetro
m	Metro
mm	milímetro
m ²	Metros cuadrados
mm ³	Milímetro cúbico
HP	Horse Power
CV	Caballos de Vapor
W	Vatios
MPa	Mega Pascales
KN	Kilo Newton
°C	Grados Centígrados
mil	Milésima de pulgada
mg	Miligramo
pH	Potencial de Hidrógeno
m	Metro
t/h	Toneladas por hora
Ton/semana	Toneladas por semana
Tn	Toneladas
<i>T</i>	Torque
<i>F</i>	Fuerza
<i>d</i>	Distancia
<i>P</i>	Potencia del motor

N_{cc}	Cuchillas en contacto
ω	Revoluciones
n	Eficiencia del motor
ω_{in}	Velocidad de entrada
ω_{out}	Velocidad de salida
R	Relación de velocidades
D	Diámetro del motor
C	Distancia entre centros
$P_d,$	Diámetro de paso
N_{min}	Número mínimo de dientes
V_t	Velocidad tangencial
w_t	Carga tangencial
D_p	Diámetro del piñón
ω_p	Velocidad angular de piñón
T_p	Torque del piñón
K_a	Factor de aplicación
K_s	Factor de servicio
K_m	Factor de distribución de carga
K_B	Factor de espesor de aro
K_I	Factor de engrane loco
F_m	Ancho de cara
J	Factor de número de dientes
K_v	Factor de calidad de engrane
Qv	Número de calidad de engrane

C_p	Coeficiente elástico.
I	Factor geométrico superficial
C_f	Factor de acabado superficial
ϕ	Es el ángulo de presión
d_p	Diámetro del piñón
ρ_p	Radio de curvatura del piñón
ρ_g	Radio de curvatura del engrane
E_p	Módulo de elasticidad del piñón
E_g	Módulo de elasticidad del engrane
K_L	Es el factor de vida
K_T	Factor de temperatura
K_R	Factor de confiabilidad
S'_{fb}	Resistencia a la fatiga por flexión
C_L	Es el factor de vida superficial
C_T	Factor de temperatura
C_R	Factor de confiabilidad
σ	Esfuerzo por flexión
M	Momento aplicado al elemento
c	Distancia desde el eje neutro hasta el punto de mayor esfuerzo
I	Momento de inercia del cuerpo
τ	Es el esfuerzo por cortante
r	Es el radio de torsión
J	Es segundo momento de inercia del cuerpo

σ'	Esfuerzo de diseño
σ_x	Esfuerzo en el eje x
σ_y	Esfuerzo en el eje y
τ_{xy}	Esfuerzo cortante en el plano xy
S_y	Resistencia a la cedencia del material
N_f	factor de seguridad deseado
k_f	Factor de concentración de esfuerzos por flexión para fatiga
M_a	Momento alternante sobre el eje
k_{fs}	Factor de concentración de esfuerzos por torsión para fatiga
T_a	Torque alternante sobre el eje
S_f	Resistencia a la fatiga
k_{fm}	Factor de concentración de esfuerzo medio por fatiga para flexión
M_m	Momento medio sobre el eje
k_{fsm}	Factor de concentración de esfuerzo medio por fatiga para torsión
T_m	Torque medio sobre el eje
S_{ut}	Resistencia última del material
q	Sensibilidad a la muesca
K_t	Factor de concentración de esfuerzos teórico
C_{carga}	Factor de carga
$C_{tamaño}$	Factor de tamaño
C_{sup}	Factor de superficie
C_{temp}	Factor de temperatura
C_{conf}	Factor de confianza

V_v	Volumen del vaso
h	Longitud del vaso
f	Fricción entre superficies
μ	Coefficiente de fricción entre superficies
φ	ángulo de cobertura
Ha	potencia permitida
Htab:	Potencia tabulada
K1	factor de corrección de ángulo de contacto
K2	factor de corrección de longitud de banda
Hd	potencia de diseño
Ks	factor de servicio
nd	factor de diseño
Nb	Número de pasadas
Fc	tensión centrífuga
Kc	parámetro de banda
ΔF	potencia transmitida
F1	tensión mayor
F2	tensión menor
Fi	tensión inicial
nfs	factor de seguridad
Np	número de pasadas
t	horas de trabajo
P_{cr}	Carga crítica
L	Largo

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Trituradora de pasto.....	5
Figura 1.2 Trituradora de rodillos.....	8
Figura 1.3 Trituradora de martillos.....	9
Figura 1.4 Trituradora de discos.....	9
Figura 1.5 Trituradora de cuchillas.....	10
Figura 1.6 Volteadora de compost.....	11
Figura 1.7 Volteadora de vaso para compost.....	11
Figura 1.8 Tolva de alimentación.....	12
Figura 1.9 Tolva con caída.....	12
Figura 2.1 Flujograma de proceso de compostaje.....	13
Figura 2.2 Flujograma de diseño de trituradora.....	13
Figura 2.3 Dimensiones del gándul.....	15
Figura 2.4 Geometría de la cuchilla.....	16
Figura 2.5 Factor de vida K_L	23
Figura 2.6 Factor de vida K_i	23
Figura 2.7 Ejemplo de diagrama de fuerza cortante y momento flector.....	25
Figura 2.8 Gráfica de sensibilidad a la muesca para aceros.....	28
Figura 2.9 Factor de superficie C_{sup} de acuerdo al acabado.....	30
Figura 2.10 Flujograma de procesos de la volteadora.....	31
Figura 2.11 Esquema del equipo completo.....	31
Figura 3.1 Volumen producido vs número de cuchillas a 60 y 30 rpm.....	36
Figura 3.2 Distancia de separación entre cuchillas.....	37
Figura 3.3 Diagrama de fuerza cortante sobre el plano YX.....	38

Figura 3.4 Diagrama de momento flector sobre el plano YX	38
Figura 3.5 Diagrama de fuerza cortante sobre el plano ZX.....	38
Figura 3.6 Diagrama de momento flector sobre el plano ZX	38
Figura 3.7 Diseño del vaso completo y seccionado.....	40
Figura 3.8 Simulación de esfuerzo de la cuchilla en elementos finitos.....	42
Figura 3.9 Simulación de desplazamiento de la cuchilla en elementos finitos.....	43
Figura 3.10 Simulación de esfuerzos del eje.....	43
Figura 3.11 Simulación de desplazamiento del eje	44
Figura 3.12 Simulación de desplazamiento de la bancada.....	44
Figura 3.13 Simulación de esfuerzos sobre la bancada.....	45
Figura 3.14 Simulación de los coeficientes de seguridad de la bancada.....	45

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Clasificación de los distintos tipos de trituradora.....	6
Tabla 1.2 Clase de triturado según el tipo de material a triturar.....	7
Tabla 2.1 Matriz de decisión.....	14
Tabla 2.2 Factor de aplicación K_a	19
Tabla 2.3 Factor de servicio K_s	19
Tabla 2.4 Factor de distribución de fuerza K_m	20
Tabla 2.5 Factor de calidad de engrane por AGMA.....	20
Tabla 2.6 Coeficientes de confiabilidad.....	31
Tabla 2.7 Cálculo de sistema de transmisión por bandas V	33
Tabla 3.1 Costos de materiales a utilizar.....	46
Tabla 3.2 Costos de mecanizado de cada componente.....	46

ÍNDICE DE PLANOS

Los planos se encuentran en los apéndices distribuidos de la siguiente manera

TRITURADORA

- PLANO 1 Vista en explosión y lista de piezas
- PLANO 2 Vista del ensamble
- PLANO 3 Eje Hexagonal
- PLANO 4 Cuchilla de corte
- PLANO 5 Separadores de cuchilla
- PLANO 6 Caja de trituradora frontal
- PLANO 7 Caja de trituradora lateral
- PLANO 8 Arandela separadora y Arandela extremo de eje

VOLTEADORA

- PLANO 1 Vaso: Cilindro Externo
- PLANO 2 Vaso: Cilindro interno
- PLANO 3 Tapa
- PLANO 4 Puerta de la tapa
- PLANO 5 Bancada: Barra larga
- PLANO 6 Bancada: Barra mediana
- PLANO 7 Bancada: Barra corta
- PLANO 8 Bancada: Rueda de giro
- PLANO 9 Bancada: Soporte de rueda
- PLANO 10 Bancada: Base
- PLANO 11 Base de Tolva
- PLANO 12 Tolva

PLANO 13 Vista del ensamble

PLANO 14 Vista en explosión y lista de piezas

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad las empresas productoras de alimentos son de gran importancia y necesidad en el país, sin embargo, es cierto que se genera una gran cantidad de desperdicios, los cuales se acumulan y pueden llegar a ser dañinos tanto ambiental como socialmente, es por eso que existen soluciones como la trituración de los desechos, la cual permite un posterior uso en la producción de abono orgánico o la liberación de espacio.

En ciertos casos, para la obtención de materia prima es necesario tener plantaciones donde el abono juega un papel importante, la calidad de este dependerá de los materiales que lo originan y el proceso de elaboración, mientras mayor diversidad haya en la materia orgánica mayor cantidad de nutrientes tendrá.

Optar por el método de reutilización de desperdicios es mucho más eco-amigable debido a que reduce la generación de basura, la cual puede dañar al medio ambiente y aprovecha al máximo los recursos disponibles. La creación de abono a base de material orgánico representa una disminución en la contaminación y degradación ambiental debido a que el proceso se convierte en bidireccional, es decir, con la posibilidad de reciclar.

1.1 Descripción del problema

Existen empresas en el Ecuador dedicadas al desarrollo de productos alimenticios donde es necesario el uso de maquinaria, mientras mayor cantidad de alimentos produce se generan mayores desechos.

La empresa donde se realizará el proyecto, debe gestionar grandes cantidades de desechos acumulados, se estima una cantidad alrededor de hasta 6500 toneladas en un solo mes, esto se ha convertido en un problema debido a que deben de regirse a las normativas ambientales que protegen el medio ambiente y paisaje, además de una posible acumulación de bacterias que ponen en riesgo la salud de los empleados y personas cerca del área de desecho.

1.2 Justificación del problema

Consciente de la importancia de implementar mejoras en el proceso productivo de alimentos, en el presente trabajo se pretende diseñar e implementar un sistema de trituración y volteo que permita obtener abono de buena calidad a partir de los desechos generados en la empresa y a la vez reducir en gran porcentaje dichos desechos y evitar daños al ecosistema. A partir de lo antes mencionado, se obtendrá un gran beneficio para la empresa al producir su propio abono y cubrir su demanda de 100 Ton de abono como máximo.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Diseñar un sistema mecánico de triturado y volteado de desechos obtenidos de la fabricación de productos alimenticios

1.3.2 Objetivos Específicos

1. Establecer parámetros necesarios para el diseño de una trituradora y volteadora de desecho orgánico a nivel industrial. (Ingeniería Mecánica)
2. Analizar el peso y temperatura para dimensionar el sistema de triturado y volteo respectivamente. (Ingeniería Mecánica)
3. Desarrollar un manual de uso y mantenimiento para el empleo adecuado del equipo. (Ingeniería Mecánica)
4. Diseñar el esquema automatizado del controlador de triturado y volteado de desechos orgánicos (Ingeniería Electrónica y Automatización)
5. Realizar la cotización de materiales y elementos a utilizar en el sistema automatizado de triturado y volteado de desechos orgánicos (Ingeniería Electrónica y Automatización)
6. Determinar las características de la materia prima (desechos) para elaborar el abono orgánico (Ingeniería Agrícola)
7. Diseñar el proceso de elaboración del abono proveniente de la materia desechada (Ingeniería Agrícola)

1.4 Marco teórico

El deterioro del suelo es un problema para países agricultores, causado por la deforestación, agricultura intensiva y uso excesivo de arados, fertilización convencional, quema y desmesurado empleo de pesticidas, ha provocado la reducción de rendimiento en las cosechas y puede causar la eliminación por completo de la actividad agrícola.

El suelo es una pieza clave para tener alimentos suficientes para reducir el hambre y combatir la desnutrición infantil, la agricultura proporciona el 8% del Producto Interno Bruto (PIB) y crea cerca del 27,5% de la población económica activa. (Lizarzaburu, s. f.).

Los desechos obtenidos de la producción de alimentos son grandes fuentes de contaminación ambiental, su aplicación sin tratamiento previo puede causar inmobilizaciones de nutrientes y anaerobiosis, además de componer un sustrato para plagas como ratas, moscas, entre otros, poniendo en riesgo la salud de animales y personas (Torres, Acosta, Chincilla, 2004).

La restauración del suelo agrícola implica aumentar la materia orgánica para optimizar las características físicas y biológicas.

El desarrollo de compostaje en base a desechos orgánicos posee la capacidad de solucionar el deterioro del suelo junto con la propuesta de utilidad económica que acredita su realización a nivel comercial.

1.4.1 Abono Orgánico /COMPOST Del Suelos

Los abonos orgánicos juegan un papel importante en la recuperación del suelo, para la recuperación del suelo en condiciones de degradación en cultivos permanentes.

Los abonos orgánicos son conocidos como sustancias constituidas por desechos provenientes de animales, plantas o ambas añadidas al suelo con el fin de mejorar las características físicas, biológicas y químicas. Dependiendo del tipo de abono se tendrá un efecto mayor sobre la estructura del suelo. Los abonos pueden ser elaborados a partir de:

1. Residuos de cultivos

2. Cultivos para abonos verdes
3. Desechos domésticos
4. Restos orgánicos de la explotación agropecuaria
5. Restos orgánicos del procesamiento de productos (María, 2010)

Al momento de realizar agricultura orgánica no solo se trata de compostas, sino de la generación de fermentaciones, en la que se descomponen aeróbicamente residuos orgánicos, a través de poblaciones de microorganismos que existen en los mismos residuos.

Para obtener un compost de buena calidad es necesario que se cumplan dos condiciones(Torres, Acosta, Chincilla, 2004):

- a. Una buena relación entre el Carbono y el Nitrógeno (C/N). Por lo general los desperdicios vegetales tienen una relación C/N baja por lo que es necesario agregar otros productos que sean ricos en Nitrógeno, por ejemplo, el estiércol o mantillo en forma de capas de entre 20 y 30 cm de grosor.
- b. Humedad adecuada, ni que sobre, ni que falte. Este es un elemento fundamental ya que los microorganismos requieren de cierto grado de humedad para desempeñarse apropiadamente.

Si se cumple ambas condiciones el inicio de la fermentación será rápido y llegará a temperaturas de 50 a 60°C en pocos días, para luego descender progresivamente. Las altas temperaturas iniciales tienen como objetivo eliminar la posibilidad que broten semillas de mala hierba y también influyen sobre los agentes patógenos que se encuentran en el compost.

El tiempo que toma en prepararse el compost varía según el clima, los materiales usados y la época del año, abarcando períodos de semanas hasta meses.

Otro factor importante es la calidad del producto triturado, mezclado y aireado ya que si es baja el material se pudrirá sin producir la descomposición requerida y esto facilitará la aparición de malas hierbas y parásitos. Para evitar esto es recomendado pasar el material varias veces

por la trituradora, para así asegurar la buena calidad del material del compost.

1.4.2 TRITURADORA

Al utilizar los desechos para la elaboración de compost es necesario un volumen menor al original, esto con el fin de acelerar la degradación y crecimiento de microorganismos favorables para el suelo.

Para la reducción de tamaño existen varios métodos entre ellos el uso de una biotrituradora o astilladora. Esta máquina es una herramienta de agronomía motorizada, con un sistema de corte conectadas por medio de un eje que gira a grandes o bajas revoluciones por minuto (dependiendo del sistema de corte), con el objetivo de cortar de forma cómoda, rápida y limpia todo resto orgánico que pase a través del equipo. (Torres, Acosta, Chincilla, 2004)

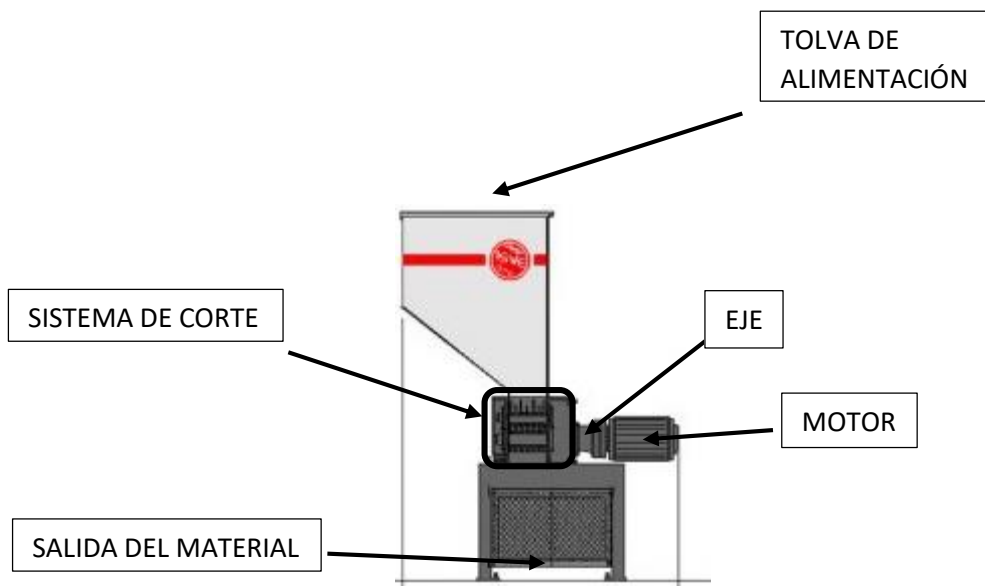


Figura 1.1 Trituradora de pasto.[«Trituradoras de 4 árboles: Modelo 2566 | TRITOTUTTO - Molino— Molinos», s. f., 2016]

1.4.2.1 Partes de una trituradora

Básicamente constan de una **tolva** en la cual se introduce el material a triturar por el sistema de corte accionado por el **motor**, este último puede ser térmico o eléctrico, motores eléctricos pueden generar una potencia

de 1200 W hasta 2000 W, mientras que los motores térmicos abarcan de 3.5 a 75 CV (Caballos de vapor) (Fernandez Ñato, 2015).

Generalmente poseen un **cilindro**, algunos modelos incorporan dos de estos elementos. El arranque de estas máquinas se realiza por el manillar de direccionamiento, pero es posible incorporar un arranque eléctrico.

Cada máquina varía su **sistema de corte**, la gran mayoría utiliza cuchillas o martillos, diferentes modelos usan rodillos o discos de corte, dependiendo del material se selecciona un tipo de sistema.

Para los sistemas de cuchillas, se fabrican 2 tipos diferentes de cuchillas, un tipo diseñadas para triturar desechos voluminosos orgánicos y el otro tipo diseñado para astillar ramas.

Existen trituradoras que implementan el sistema de corte tipo martillo, este es comúnmente usado para piedras y materiales similares, se utiliza en conjunto con una **criba** que deja pasar el material de acuerdo al tamaño de la criba. A partir del tipo de motor, materia a triturar, sistema de corte y accionamiento, una trituradora es clasificada de la siguiente manera en la tabla 1.1:

Tabla 1.1 Clasificación de los distintos tipos de trituradoras [Fernandez Ñato, 2015]

Por El Tipo De Motor	Motor Eléctrico Motor Térmico
Por El Tipo De Materia A Triturar	Restos De Comida Material Leñoso Todo Tipo De Material
De Acuerdo Al Sistema De Corte	Cuchilla Martillo
Accionamiento	Manual Motor Propio o Eléctrico

1.4.2.2 Principio de trituración

De acuerdo a las características del material a triturar se emplea diferentes principios de trituración, estos se encuentran tabulados en la tabla 1.2.

Tabla 1.2 Clase de triturado según el tipo de material a triturar. [Ramos & Vega, 2015]

Clase de material	Clase de trituración
Materiales de gran dureza	Por Impacto
Materiales frágiles	Mediante Fractura
Materiales de gran tenacidad	Por medio de corte

1.4.2.3 Tamaño de la muestra triturada

De acuerdo al tamaño del material al salir de la trituradora es posible distinguir etapas de trituración y molienda detalladas a continuación:

Trituración (Desintegración grosera)

- Trituración gruesa. - Las partículas a la salida de la maquinaria miden aproximadamente 15 cm (6”).
- Trituración mediana. - Las partículas a la salida de la maquinaria tienen un tamaño entre 3 y 15 cm (1 ¼” a 6”).
- Trituración fina. - Las partículas a la salida de la maquinaria tienen un tamaño entre 0.5 y 3 cm (1/5” a 1 ¼”).

Molienda (Desintegración fina)

- Molienda grosera. - Las partículas a la salida de la maquinaria tienen un tamaño entre 0.1 y 0.3 mm
- Molienda fina. - Las partículas a la salida de la maquinaria tienen un tamaño menor a 0.1mm.

Las trituradoras groseras de mayor tamaño, como las trituradoras de mandíbulas y las giratorias no son adecuadas para la industria de compostaje o alimentos.

1.4.2.4 Clasificación de trituradora de acuerdo al sistema de corte

Trituradora De Rodillos

Maquinaria de gran robustez y simplicidad, utilizados en minas y canteras, trabaja de manera eficiente frente a materiales de manejo complicado, como arcilla, yesos, carbón, sales minerales, etc., trabajan con un alto par y su composición es capaz de asimilar los esfuerzos de

trituration, esto provoca que sus elementos de apoyo sean muy reducidos además de un amplio rango de producción que va desde 200 a 10.000 t/h (María, 2010)

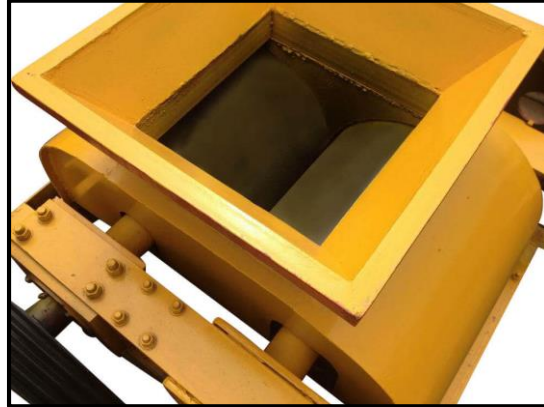


Figura 1.2 Trituradora de rodillos. [«Trituradoras de Rodillos», 2017]

Los rodillos giran uno hace el otro, la materia es atrapada y arrastrada en medio de los rodillos provocando una fuerza de compresión que ocasiona su triturado. En ciertas máquinas los rodillos giran a distintas velocidades creando una fuerza de cizalla en el material. (Salas, 2012).

Trituradora De Martillos

Está compuesto por un rotor equipado con martillos o mazas articuladas a la base, estos pulverizan y cortan el material, debido a la fuerza centrífuga generada por el giro de su eje, hasta que sean lo suficientemente pequeñas para pasar por la criba inferior a la salida del equipo.

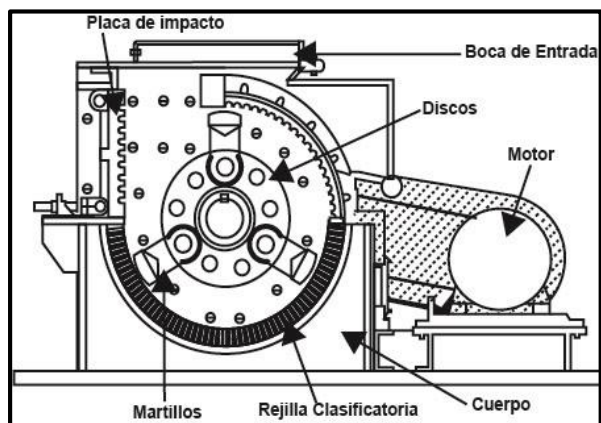


Figura 1.3 Trituradora de martillos [Molinos de martillos | Molinos Martillos |

Quebradoras de Quijadas, 2012]

Son considerados como trituradoras de uso general, debido que tienen la capacidad de moler sólidos duros, materiales fibrosos, desecho vegetal, entre otros. Es utilizado en la industria de alimentos para triturar pimienta, leche seca y azúcares. (Salas, 2012)

Trituradora De Cuchillas

Utiliza las fuerzas de cizalla para aminorar el tamaño del material, tienen un papel importante en la desintegración fina. Genera partículas de dimensiones muy pequeñas, estos tipos de trituradoras poseen un amplio rango de aplicaciones. (Salas, 2012)



Figura 1.4 Trituradora de discos [Trituradora de latas – Transportes de paneles de madera, 2018]

Trituradora De Aspas

Son similares a los molinos de cuchillas, en esta máquina se coloca varias cuchillas a lo largo de la longitud de su eje, al igual que la trituradora de martillo, lleva en su parte inferior un tamiz para cuidar el tamaño y paso de las partículas. (Fernandez Ñato, 2015)



Figura 1.5 Trituradora de cuchillas [Dominguez, 2015]

1.4.3 Volteadora

Además del proceso de triturado es necesario el volteo del compost cada cierto tiempo o cada vez que la temperatura se eleve hasta cierto grado. Debido a que se trata de grandes cantidades de materia se es necesario el uso de maquinaria agrícola conocida como volteadora, estas máquinas tienen la capacidad de voltear el material durante largas horas de forma confiable y sencilla.

Volteadora tradicional

Consiste en un eje con paletas adheridas girando a cierto número de revoluciones, diseñado para voltear el compost, con ayuda de un tractor, pasando a través del eje en forma horizontal.

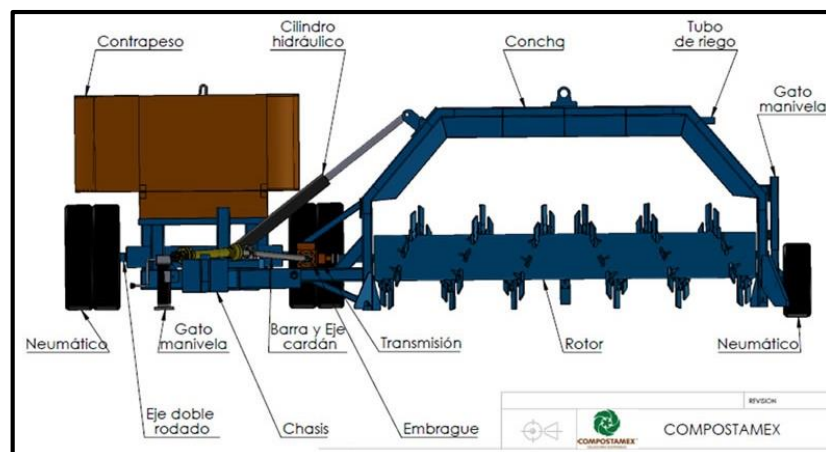


Figura 1.6 Volteadora de compost [volteadoras de composta, s. f.]

Volteadora de vaso

Es un nuevo sistema de volteo y compostaje que consiste en introducir la materia previamente triturada dentro de una cavidad que gira de acuerdo a la temperatura del compost, el tiempo de duración es menor en comparación al compostaje tradicional y su requerimiento de espacio es menor.

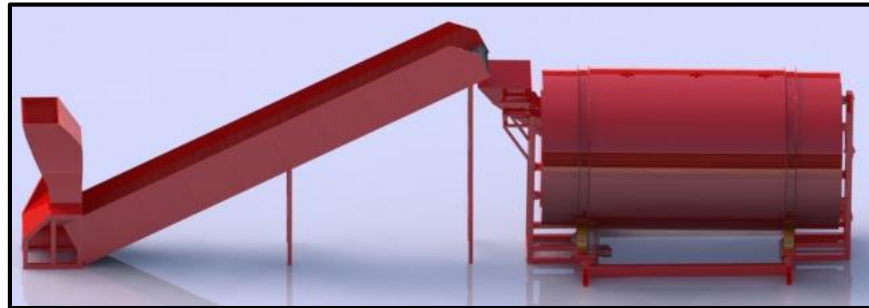


Figura 1.7 Volteadora de vaso para compost [«Compostaje Industrial en Vaso», 2014]

1.4.4 Sistema de Entrada del Desecho

Al definir el sistema de corte a emplear se pueden diseñar 2 diferentes alternativas para la entrada de material.

1.4.4.1 Tolva de entrada directa

La entrada del material llega por caída, colocando el material a triturar por encima del sistema de trituración, mientras más material se acumula el mismo peso genera una presión sobre el desecho contribuyendo a la trituración.



Figura 1.8 Tolva de alimentación [Cerveza Artesana | Quienes somos—Cerveza Artesana, 2003]

1.4.4.2 Tolva con caída

Tolva de entrada directa, pero con cinta inclinada incluida donde el material baja con ayuda de la gravedad, este tipo de tolvas permiten distanciamiento entre el material a caer y el sistema de trituración, además de un ligero incremento en la productividad.



Figura 1.9 Tolva con caída [Tolva basculante 900L (INOX), Tolva fabricada en acero inoxidable ..., s. f.]

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

Para el desarrollo de este proyecto se realizaron investigaciones bibliográficas de temas similares, además de visitas de campo a las empresas. En el siguiente diagrama se muestra el proceso completo desde la entrada hasta la salida del producto:

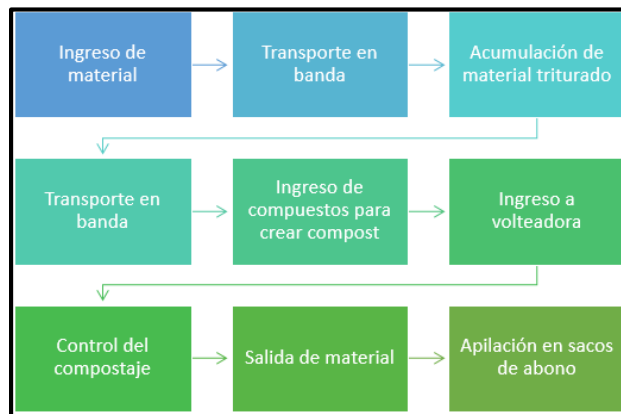


Figura 2.1. Flujograma de proceso de compostaje [Elaboración propia]

En base a las necesidades a cumplir se realizaron cálculos y selección de herramientas y materiales presentada en orden en el siguiente diagrama de flujo metodológico:

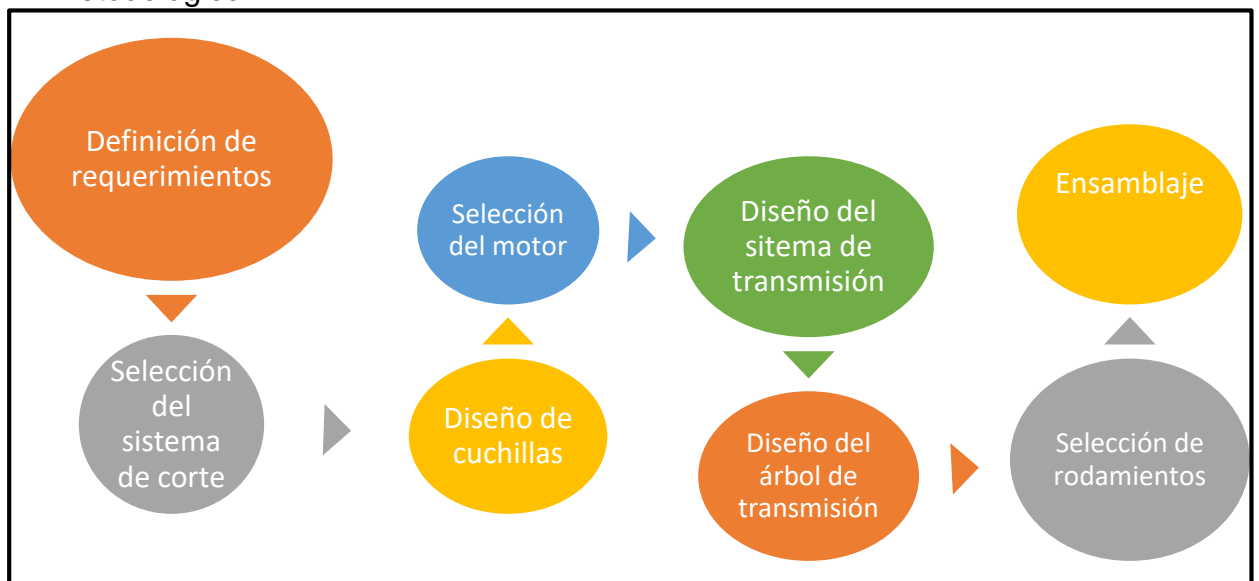


Figura 2.2. Flujograma de Diseño de Trituradora [Elaboración propia]

2.1 Requerimientos de diseño

En capítulo 1, se indica que la producción es de 400 Ton/semanal, a partir de ello, se propuso que el diseño de la trituradora tenga una capacidad suficiente para cumplir con los volúmenes requeridos, restringiendo el diseño a los siguientes parámetros:

- Productividad. - Que tan rápido realiza la trituración del material
- Mantenimiento. - Se refiere a la complejidad del mantenimiento, que tan costoso y la frecuencia con la que se realiza.
- Seguridad. - Que tan seguro es funcionando al tener un operario o personal de la empresa cerca.
- Confiabilidad. - Se refiere a que tan confiable es que el material salga del tamaño adecuado para el compost.

2.2 Alternativas de diseño

Conociendo los diferentes mecanismos de trituración vistos en el capítulo anterior se seleccionó el sistema de corte con una muestra la matriz de decisión con los parámetros mencionados:

Tabla 2.1 Matriz de decisión [Elaboración propia]

	PRODUCTIVIDAD	MANTENIMIENTO	SEGURIDAD	CONFIABILIDAD	COSTO	TOTAL
Factor de peso	15%	15%	20%	20%	30%	100%
IDEAL	10	10	10	10	10	10
TRITURADORA DE DOBLE EJE	7	8	8	10	7	7,95
TRITURADORA DE MARTILLOS	8	8	7	7	8	7,6
TRITURADORA DE ASPAS	8	6	7	7	10	7,9

2.3 Diseño de sistema de Entrada

Debido a que no es necesario un distanciamiento entre la caída del material y la máquina, se diseñó una tolva de entrada directa (Ver sección 1.4.4), aprovechando la fuerza de presión ejercida por el mismo peso del desecho.

2.4 Diseño de cuchillas

La geometría de las cuchillas se fundamentó en el material a triturar, se presentan 3 diferentes materiales:

- Desecho de mango
- Desecho de gandul
- Desecho de plátano

Analizando cada uno de estos desechos, el gandul es el más fino de los 3 materiales, por ende, se dieron dimensiones a las cuchillas en base a las dimensiones del gandul para que este fuera cortado de manera correcta sin dejar trozos grandes.

A continuación, se presentan las dimensiones del gandul:

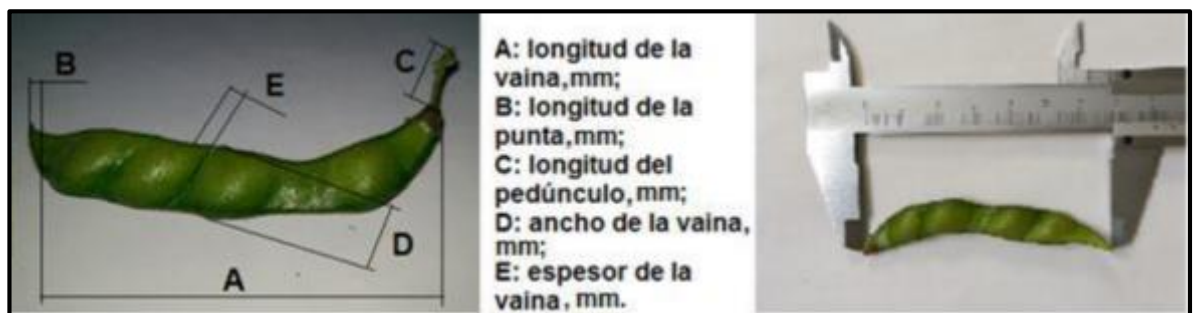


Figura 2.3 Dimensiones del gandul [Pérez et al., 2019]

Las principales dimensiones que interesan fueron ancho, largo y espesor, obteniéndose los siguientes resultados:

- D: El ancho de la vaina oscila entre 12.5 a 15.8 mm
- A: El largo de la vaina se encuentra entre 46.8 a 78.9 mm
- E: Espesor tiene valores entre 2.2 a 6.0 mm

Teniendo conocimiento de estas dimensiones se concluyó que el espesor de la cuchilla debe ser menor a 12.5 mm escogiendo un grosor de 10 mm. La distancia entre ganchos se determina de acuerdo a las dimensiones deseadas después del triturado (Tillman & Harding, 2012), la longitud óptima para el compostaje va entre 1 a 5 cm de largo (Román et al., 2013). La figura 2.6 muestra las medidas impuestas a la cuchilla para lograr las dimensiones descritas anteriormente después del triturado.

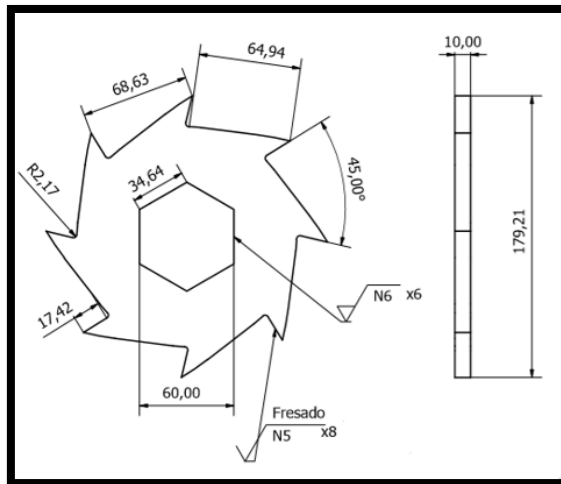


Figura 2.4 Geometría de la cuchilla [Elaboración propia]

El número de cuchillas necesarias fue determinado mediante la cantidad de desecho a triturar, se requieren aproximadamente 2000 Ton al año, cada gancho del disco cortará una área en específico, al multiplicarla por el grosor del material se obtuvo un volumen por gancho, al multiplicarlo por las revoluciones se obtiene el volumen por todos los ganchos que posee un sólo disco, multiplicado por el número de discos se logró obtener el volumen total en un segundo de revolución, este valor es llevado a volumen/ año y generar una gráfica donde se revele el valor necesario de cuchillas y revoluciones.

2.5 Sistema mecánico

El procedimiento para realizar el diseño mecánico del sistema entero fue el siguiente:

- Selección del motor
- Transmisión Motor – Árbol
- Selección de rodamientos
- Diseño del árbol de transmisión

2.5.1 Selección del Motor

Para la selección del motor se tomó en cuenta el torque necesario para cizallar el material, se basó en la semilla de mango por ser el material con mayor resistencia al cizallamiento, partiendo del 80% de la fuerza de

ruptura del mango de 1.718 KN (Departamento de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Autónoma Chapingo. et al., 2015) (Hakkens, 2017)

2.5.1.1 Cálculo del torque requerido

Con las dimensiones de la cuchilla y la fuerza requerida para cortar el material fue posible calcularlo mediante la ecuación 1:

$$T = F * d \quad (2.1)$$

Donde:

- T = Torque producido por la fuerza [N * m]
- F = Fuerza que produce torque [N]
- d = distancia de F al punto donde se produce torque [m]

2.5.1.2 Velocidad angular requerida

Según los requerimientos recibidos es necesario triturar hasta 2000 Ton de desecho, por ende se realizó gráficas de volumen de triturado vs número de cuchillas a 30 y 60 rpm para seleccionar el número adecuado de cuchillas y rpm.

Obteniendo velocidad y torque se utilizó la ecuación 2.2 para encontrar la potencia del motor necesaria para triturar el desecho:

$$P = \frac{N_{cc} * T * \omega}{n} \quad (2.2)$$

Donde:

- P potencia del motor [Watts]
- N_{cc} Número de cuchillas en contacto
- ω Revoluciones del eje [rad/s]
- n Eficiencia eléctrica del motor

2.5.2 Transmisión Motor-Árbol

Debido a que los motores tienen velocidades que van desde los 900 rpm hasta los 3600 rpm fue necesario utilizar un sistema de transmisión para reducir la velocidad y aumentar la fuerza.

2.5.2.1 Diseño del sistema de transmisión.

Existen 3 tipos de transmisión:

- Bandas
- Engranés
- Cadenas

Ya que es importante tener un alto torque para lograr el corte del material, fue necesario mantener la potencia, por lo que se utilizaron engranes para el sistema de transmisión. Para determinar la distancia entre centros se utilizaron ecuaciones del sistema de transmisión por bandas.

Se define la relación entre la velocidad de entrada ω_{in} y salida ω_{out} usando la siguiente ecuación:

$$R = \frac{\omega_{out}}{\omega_{in}} \quad (2.3)$$

Conociendo el diámetro del motor y el valor de R se puede determinar la distancia entre centros C, de la siguiente forma:

$$D = Rd; \text{ diámetro del motor } (d) \quad (2.4)$$

$$C = 1.5(D + d) \quad (2.5)$$

Usando el valor de C se determinó la cantidad de engranes que se utilizarán en el tren.

Seleccionando inicialmente un Paso diametral P_d , se determinó el ancho de cara (F) y la cantidad de dientes del piñón N_{min} (con ángulo de presión $\phi = 20^\circ$) (Budynas & Nisbett, 2008):

$$\frac{8}{P_d} < F < \frac{16}{P_d} \quad (2.6)$$

$$N_{min} = \frac{2}{\sin^2 \phi} \quad (2.7)$$

Determinamos la velocidad (V_t) y carga tangencial (W_t) (Budynas & Nisbett, 2008):

$$V_t = \frac{\pi D_p \omega_p}{60000} \quad (2.8)$$

$$W_t = \frac{2T_p}{D_p} \quad (2.9)$$

Donde:

- D_p Diámetro del piñón [m]
- ω_p Velocidad angular de piñón [rad/s]
- T_p Torque del piñón [N*m]

Se procede a calcular esfuerzos:

Esfuerzo en Flexión

$$\sigma_f = \frac{W_t K_a K_m K_s K_B K_I}{F_m J K_v} \quad (2.13)$$

Donde:

- W_t Carga tangencial [N]
- K_a Factor de aplicación
- K_s Factor de servicio
- K_m Factor de distribución de carga
- K_B Factor de espesor de aro
- K_I Factor de engrane loco
- F_m Ancho de cara
- J Factor de número de dientes
- K_v Factor de calidad de engrane

Usando las tablas 2.2 y 2.3 se determinaron los factores (K_a) y (K_s).

Tabla 2.2 – Factor de aplicación K_a [Budynas & Nisbett, 2008]

	Maquinaria			
Fuente de Poder	Uniforme	Impacto Leve	Impacto Moderado	Impacto Pesado
Uniforme	1.00	1.25	1.50	1.75
Impacto Leve	1.20	1.40	1.75	2.25
Impacto Moderado	1.30	1.70	2.00	2.75

Tabla 2.3 – Factor de servicio K_s [Budynas & Nisbett, 2008]

Diametral Pitch Pd	Metric Module, m	Size Factor K_s
≥ 5	≤ 5	1.00
4	6	1.05
3	8	1.15
2	12	1.25
1.25	20	1.40

K_m depende el ancho de cara, el cual está en unidades del sistema internacional (mm), según la siguiente tabla:

Tabla 2.4.- Factor de distribución de fuerza K_m [Budynas & Nisbett, 2008]

Ancho de cara F (mm)	K_m
<50	1.6
150	1.7
250	1.8
≥ 500	2.0

Se asumió un valor de K_B de 1

El factor de engrane loco K_I fue 1.42 para engranes loco y 1 para engranes normales.

Usando las tablas 8-8 a 8-11 encontradas en el Apéndice A, se determina el factor J según el número de dientes del piñón y del engrane.

Usando la tabla 2.6 se determina el factor Q_v (Número de calidad de engrane recomendados por la AGMA para diversas aplicaciones).

Tabla 2.5- Factor de calidad de engrane por AGMA [Budynas & Nisbett, 2008]

Aplicación	Qv
Tambor impulsor en una mezcladora de cemento	3-5
Horno de cemento	5-6
Impulsor de acero de un molino	5-6
Cosechadoras de maíz	5-7
Grúas	5-7
Perforadora a presión	5-7
Correa transportadora en minería	5-7
Máquina para fabricar cajas de papel	6-8
Mecanismo de un medidor de gas	7-9
Taladro de baja potencia	7-9
Lavadora de ropa	8-10
Prensa impresora	9-11
Mecanismo de computadoras	10-11
Transmisión automotriz	10-11
Impulsor de antena de radar	10-12
Impulsor de propulsión marina	10-12
Impulsor de motor de avión	10-13
Giroscopio	12-14

Con este valor es posible determinar el factor Kv de la siguiente forma:

$$B = \frac{(12-Q_v)^{2/3}}{4} \quad (2.10)$$

$$A = 50 + 56(1 - B) \quad (2.11)$$

$$K_v = \left(\frac{A}{A + \sqrt{V_t}} \right) \quad (2.12)$$

Esfuerzo Superficial

$$\sigma_c = C_p \sqrt{\frac{W_t C_a C_m C_s C_f}{F I d C_v}} \quad (2.14)$$

Donde:

- C_p Es el coeficiente elástico.
- I Factor geométrico superficial
- C_f Factor de acabado superficial

Cálculo del factor geométrico superficial I

$$I = \frac{\cos \phi}{\left(\frac{1}{\rho_p} + \frac{1}{\rho_g} \right) d_p} \quad (2.15)$$

Donde:

- ϕ Es el ángulo de presión
- d_p Diámetro del piñón [m]
- ρ_p Radio de curvatura del piñón [m]
- ρ_g Radio de curvatura del engrane [m]

Los radios de curvatura fueron calculados con las siguientes ecuaciones:

$$\rho_p = \sqrt{\left(\frac{d_p}{2} + \frac{1}{P_d}\right)^2 - \left(\frac{d_p}{2} \cos\phi\right)^2} - \frac{\pi}{P_d} \cos\phi \quad (2.16)$$

$$\rho_g = C \sin\phi - \rho_p \quad (2.17)$$

Es el coeficiente elástico C_p toma a consideración la diferencia de materiales en los dientes a partir de:

$$C_p = \sqrt{\frac{1}{\pi \left[\left(\frac{1-v_p^2}{E_p} \right) + \left(\frac{1-v_g^2}{E_g} \right) \right]}} \quad (2.18)$$

Donde:

E_p y E_g Son los módulos de elasticidad de piñón y engrane respectivamente, v_p y v_g sus correspondientes razones de Poisson en base al material del engrane.

C_f se aproxima a 1, C_a , C_m , C_v y C_s son iguales a K_a , K_m , K_v y K_s .

Para determinar el factor de seguridad se deben calcular las resistencias corregidas a flexión S_{fb} y superficie S_{fc} .

$$S_{fb} = \frac{K_L S'_{fb}}{K_T K_R} \quad (2.19)$$

Donde:

- K_L Es el factor de vida
- K_T Factor de temperatura
- K_R Factor de confiabilidad

- S'_{fb} Resistencia a la fatiga por flexión

$$S_{fc} = \frac{C_L S'_{fc}}{C_T C_R} \quad (2.20)$$

Donde:

- C_L Es el factor de vida superficial
- C_T Factor de temperatura
- C_R Factor de confiabilidad

Factor de vida K_L y C_L dependen del número de ciclos de carga del engrane, fueron calculados en base a las figuras 2.5 y 2.6:

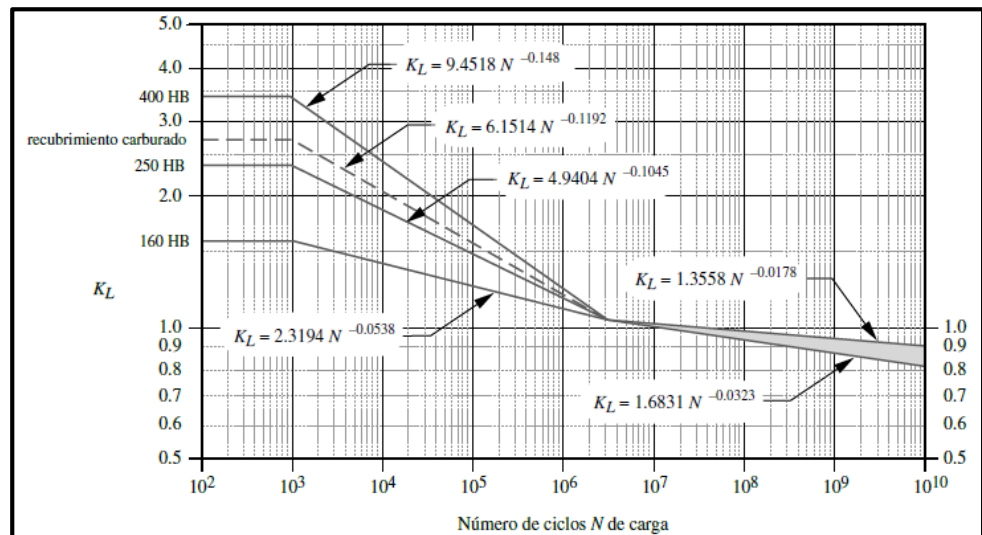


Figura 2.5 Factor de vida K_L para resistencia a flexión de la AGMA. [Norton, 2011]102

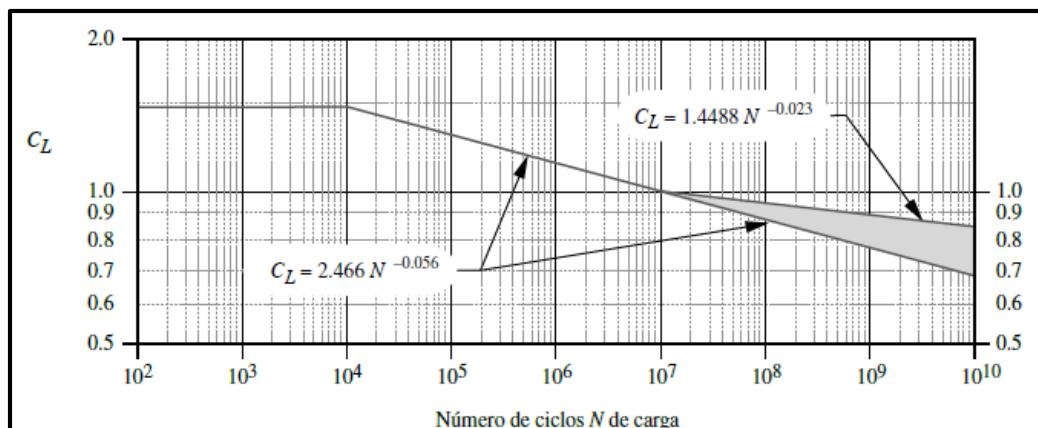


Figura 2.6 Factor de vida C_L para resistencia superficial de la AGMA [Norton, 2011]

Al trabajar a bajas temperatura, los Factores de temperatura $K_T = C_T = 1$.

Y finalmente se calcula el factor de seguridad N usando las siguientes ecuaciones:

$$N_{b_{\text{piñon}}} = \frac{S_{fb}}{\sigma_{f_{\text{piñon}}}} \quad (2.21)$$

$$N_{b_{\text{engrane}}} = \frac{S_{fb}}{\sigma_{f_{\text{engrane}}}} \quad (2.22)$$

$$N_{C_{\text{piñon o engrane loco}}} = \left[\frac{S_{fc}}{\sigma_{c_{\text{loco}}}} \right]^2 \quad (2.23)$$

2.5.2.2 Diseño del árbol de transmisión.

Al conocer las revoluciones y cargas a las cuales será sometido el eje, se calculó el máximo momento flector y fuerza cortante sobre él, en base a ello se ha seleccionado un diámetro adecuado para el eje.

Cálculo de la fuerza cortante máxima

De acuerdo con el área bajo la curva de las cargas a las que se somete el eje se realizó el respectivo diagrama de fuerza cortante. Estas cargas son:

- Peso de las cuchillas
- Reacciones en los cojinetes
- Peso de los engranes

Con las masas de las cuchillas y engranes se calculan sus pesos respectivos y con estos valores se encuentran las reacciones en los apoyos con las ecuaciones 2.24, 2.25 y 2.26: A partir las fuerzas se realizar la gráfica de fuerza cortante máxima sobre el eje.

$$\sum F_x = 0 \quad (2.24)$$

$$\sum F_y = 0 \quad (2.25)$$

$$\sum M = 0 \quad (2.26)$$

Cálculo del momento flector máximo

De acuerdo al área bajo la curva de la gráfica de fuerza cortante se calcularon los momentos generados y se graficó el diagrama de momento flector, escogiendo el máximo momento, sea positivo o negativo. La figura 2.7 muestra un ejemplo de los diagramas mencionados:

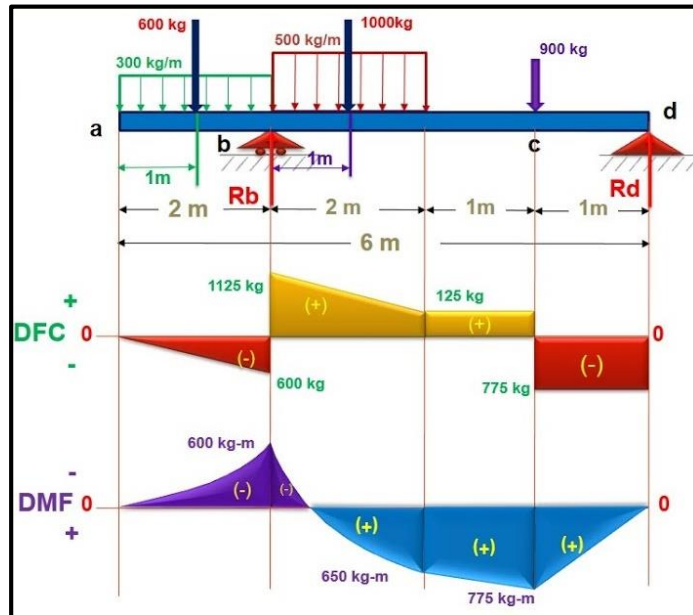


Figura 2.7 Ejemplo de diagramas de fuerza cortante y momento flector
[(Civil Engineering Tutoriales, 2016)]

Debido a que habrá momentos donde las cuchillas no trituren desecho el torque y fuerzas mínimas serán 0 ($T_{\min} = 0$), el momento mínimo de flexión sobre el eje estará únicamente compuesto por el peso de las cuchillas y engranaje, mientras que el máximo momento se dará cuando se ejerza fuerza a los engranes para el movimiento del eje, este dato fue importante para calcular el momento alternante y medio (M_a y M_m) y los torques alternantes.

$$M_{max} \left\{ \begin{array}{l} \text{Peso de cuchillas} \\ \text{Peso de engranes} \\ \text{Fuerza de los engranes} \end{array} \right\} \quad M_{min} \left\{ \begin{array}{l} \text{Peso de cuchillas} \\ \text{Peso de engranes} \end{array} \right\}$$

$$M_a = \frac{M_{max} - M_{min}}{2} \quad (2.27) \quad M_m = \frac{M_{max} + M_{min}}{2} \quad (2.28)$$

$$T_{max} \{ \text{Fuerza de cizallamiento} \} \quad T_{min} = 0$$

$$T_a = \frac{T_{max} - T_{min}}{2} \quad (2.28) \quad T_m = \frac{T_{max} + T_{min}}{2} \quad (2.29)$$

Cálculo del diámetro

- Análisis estático

En base a los resultados obtenidos de momento flector y torque necesario se realizaron los cálculos respectivos para encontrar los esfuerzos que producidos con las ecuaciones 2.30 y 2.31 (Budynas & Nisbett, 2008):

$$\sigma = \frac{Mc}{I} \quad (2.30)$$

Donde:

- σ Es el esfuerzo por flexión [N/m²]
- M Es el momento aplicado al elemento [N*m]
- c La distancia desde el eje neutro hasta el punto de mayor esfuerzo [m]
- I Momento de inercia del cuerpo [m⁴]

$$\tau = \frac{Tr}{J} \quad (2.31)$$

Donde:

- τ Es el esfuerzo por cortante [N/m²]
- T Es la torsión aplicado al elemento [N*m]
- r Es el radio de torsión [m]
- J Es segundo momento de inercia del cuerpo [m⁴]

Obtenido los esfuerzos producidos por las cargas se calculó el esfuerzo de diseño utilizando la teoría de von Mises con la ecuación 2.32:

$$\sigma' = (\sigma_x - \sigma_x\sigma_y + \sigma_y^2 + 3\tau_{xy}^2)^{1/2} \quad (2.32)$$

Donde:

- σ' Esfuerzo de diseño [N/m²]
- σ_x Esfuerzo en el eje x [N/m²]
- σ_y Esfuerzo en el eje y [N/m²]
- τ_{xy} Esfuerzo cortante en el plano xy [N/m²]

Obtenido el esfuerzo de diseño se procedió a calcular el factor de seguridad n , si es mayor a 1 el sistema no falla, menor a 1 fallará:

$$n = \frac{S_y}{\sigma'} \quad (2.33)$$

Donde:

- S_y Resistencia a la cedencia del material [N/m²]

Al no tener un diámetro del eje, esa incógnita fue desplazándose por todas las ecuaciones hasta encontrar un diámetro adecuado para el eje y asumiendo un factor de seguridad.

- Análisis de fatiga

Teniendo las cargas que el eje está sometido se usará la ecuación 2.34 según el criterio de ED. Goodman para obtener el diámetro del eje d (Norton, 2011):

$$d = \left\{ \frac{32N_f}{\pi} \left[\frac{\sqrt{(k_f M_a)^2 + \frac{3}{4}(k_{fs} T_a)^2}}{S_f} + \frac{\sqrt{(k_{fm} M_m)^2 + \frac{3}{4}(k_{fsm} T_m)^2}}{S_{ut}} \right] \right\}^{\frac{1}{3}} \quad (2.34)$$

Donde:

- N_f es el factor de seguridad deseado
- k_f Factor de concentración de esfuerzos por flexión para fatiga
- M_a Momento alternante sobre el eje [N*m]
- k_{fs} Factor de concentración de esfuerzos por torsión para fatiga

- T_a Torque alternante sobre el eje [N*m]
- S_f Resistencia a la fatiga [N/m²]
- k_{fm} Factor de concentración de esfuerzo medio por fatiga para flexión
- M_m Momento medio sobre el eje [N*m]
- k_{fsm} Factor de concentración de esfuerzo medio por fatiga para torsión
- T_m Torque medio sobre el eje [N*m]
- S_{ut} Resistencia última del material [N/m²]

Cálculo de los factores de concentración de esfuerzos

El factor de concentración de esfuerzos por fatiga para flexión K_f fue calculado con la ecuación 2.35 (Norton, 2011):

$$K_f = 1 + q(K_t - 1) \quad (2.35)$$

Donde:

- q = sensibilidad a la muesca
- K_t = factor de concentración de esfuerzos teórico

El valor de q fue calculado de acuerdo con el material y radio de la muesca con el siguiente gráfico:

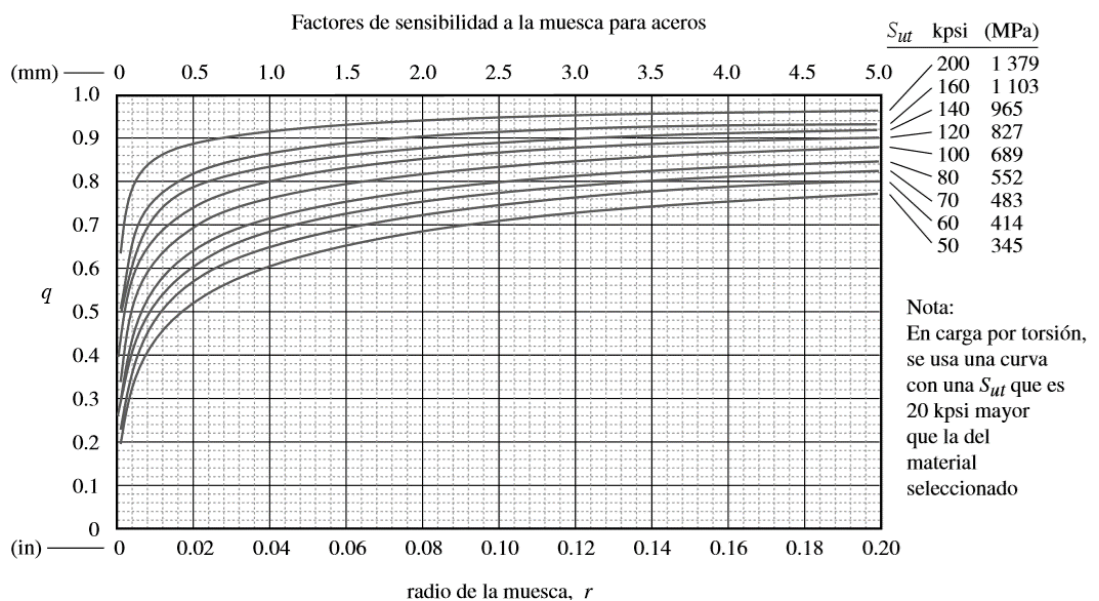


Figura 2.8 Gráfico de Sensibilidad a la muesca para aceros [Norton, 2011]

El valor de K_t fue asumido de acuerdo a muesca, radios escalonados, cuñeros, radios a torsión.

El factor de concentración de esfuerzos por fatiga para torsión K_{fs} fue calculado con la ecuación 2.36 (Norton, 2011):

$$K_{fs} = 1 + q(K_{ts} - 1) \quad (2.36)$$

Donde; K_{ts} es el factor de concentración de esfuerzos teórico para torsión

De acuerdo con la figura 2.5 el valor de q para torsión se encontró agregando 20 Kpsi mayor que el material seleccionado.

De acuerdo a la teoría de Goodman se utilizó el mismo valor de K_f para k_{fm} y K_{fs} para k_{fsm} (Norton, 2011)

Cálculo de la resistencia a la fatiga

En base al material seleccionado y su resistencia última respectiva se calculó la resistencia a la fatiga sin corregir S_f' con las siguientes relaciones (Norton, 2011)

$$\text{Aceros: } \left\{ \begin{array}{ll} S_f' = 0.5 S_{ut} & \text{Para } S_{ut} < 1400 \text{ MPa} \\ S_f' = 700 \text{ MPa} & \text{Para } S_{ut} > 1400 \text{ MPa} \end{array} \right\} \quad (2.37)$$

El valor obtenido fue usado en la ecuación 38 donde se incluyen los factores de corrección para hallar la resistencia a la fatiga S_f (Norton, 2011):

$$S_f = C_{carga} * C_{tamaño} * C_{sup} * C_{temp} * C_{conf} * S_f' \quad (2.38)$$

Donde:

- C_{carga} Factor de carga
- $C_{tamaño}$ Factor de tamaño
- C_{sup} Factor de superficie
- C_{temp} Factor de temperatura

- C_{conf} Factor de confianza

Factor de Carga

Se especifican valores del factor de carga a continuación (Budynas & Nisbett, 2008):

$$C_{carga} = \begin{cases} 1 & \text{Flexión} \\ 0.85 & \text{axial} \\ 0.59 & \text{torsión} \end{cases}$$

Factor de tamaño

Debido a que se desconoce el tamaño de la pieza se asumió un valor de $C_{tamaño} = 1$.

Factor de superficie

De acuerdo a la figura 2.9 se escogerá un factor superficie en base a su resistencia y acabado (Norton, 2011):

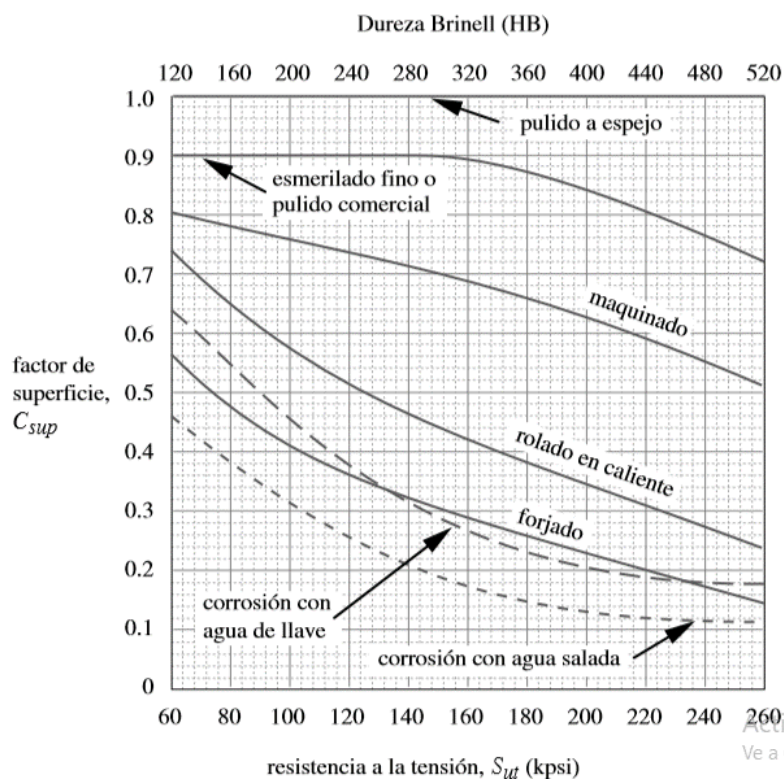


Figura 2.9 Factor de superficie C_{sup} de acuerdo al acabado [Norton, 2011]

Factor de temperatura

Se trabajara con temperaturas menores a 450° F, $C_{temp} = 1$ (Norton, 2011)

Factor de confianza

Debido a asunciones hechas en anteriores cálculos se utilizó una confiabilidad del 50%, de acuerdo a tabla 2.7 se utiliza un $C_{conf} = 1$ (Norton, 2011)

Tabla 2.6 Coeficientes de confiabilidad [Norton, 2011]

% De confiabilidad	C _{conf}
50	1
90	0.897
95	0.868
99	0.814
99.9	0.753
99.99	0.702
99.999	0.659
99.9999	0.620

2.5.2.3 Selección de rodamientos.

Las fuerzas axiales en el sistema son muy bajas o nulas, debido a esto se seleccionó rodamientos de bolas 2 en cada eje ubicados en chumaceras y empernadas a la caja frontal de la trituradora. Por medio de la ecuación 2.39 se obtuvo las capacidades de cargas dinámicas C_{10} (Norton, 2011):

$$C_{10} = F_D \left[\frac{L_D * n_D * 60}{10^6} \right]^{\frac{1}{a}} \quad (2.39)$$

Donde:

- F_D Es la carga radial deseada [Ñ]
- L_D Vida deseada [h]
- n_D Velocidad deseada [rpm]
- a igual a 3 para rodamientos de bolas
- C_{10} Capacidad de carga dinámica

En base a la vida útil de los engranes se desea una vida útil de 10000 horas con una velocidad de 60 rpm.

2.6 Diseño de Volteadora

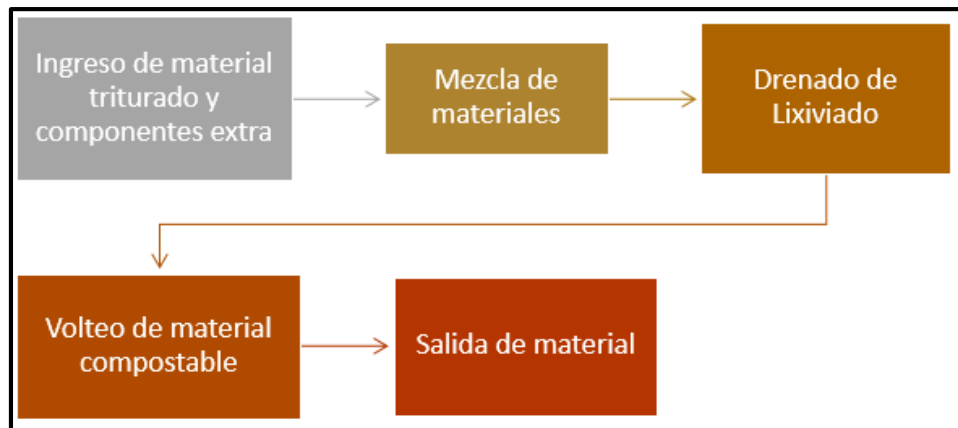


Figura 2.10. Flujograma de procesos de la Volteadora [Elaboración propia]

Para una mejor comprensión del diseño se presenta el esquema del equipo trituradora-sistema de transporte-volteadora:

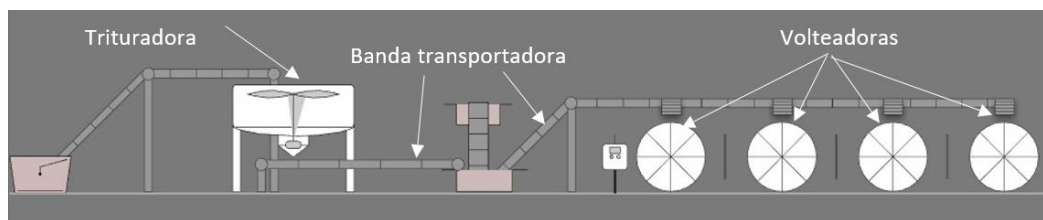


Figura 2.11. Esquema del equipo completo, Trituradora + sistema de transporte + Volteadora [Fuente: Gerald Gutiérrez]

Siguiendo los objetivos planteados se realiza el diseño de la trituradora y de la volteadora, este último se analiza a continuación

Componentes principales:

- Vaso
- Motor
- Sistema de transmisión
- Bancada

2.6.1 Selección de la banda transportadora

De acuerdo a las características del material se seleccionó una banda que ayude a transportar el material triturado a la volteadora, para ello se tomó en consideración:

- Ancho de la banda
- Velocidad de transporte
- Peso específico del material

2.6.2 Dimensionamiento del vaso

Es un cilindro de acero cuyas dimensiones se calcularán con la ecuación 2.39 de acuerdo con el volumen de desperdicio que se necesite para generar compost:

$$V_v = \frac{\pi h D^2}{4} \quad (2.40)$$

Donde:

- $V_v = \text{volumen del vaso [m}^3\text{]}$
- $h = \text{Longitud del vaso [m]}$
- $D = \text{Diámetro [m]}$

El interior del vaso posee láminas de acero que ayudan a desmenuzar y remover el material.

2.6.3 Velocidad de volteo

Debido a las grandes cantidades de volumen a tratar, la velocidad de volteo en el vaso es baja, alrededor de 7 RPM de acuerdo a proyectos realizados anteriormente (Cleanfull Consulting, 2016). El vaso tendrá rieles donde se insertarán ruedas rugosas que permiten el movimiento de revolución.

2.6.4 Selección del motor

2.6.4.1 Cálculo del torque requerido

Se utilizó el torque requerido para vencer la fricción entre el vaso y las ruedas, calculando la fricción con la ecuación 2.40:

$$f = \mu * N \quad (2.41)$$

Donde:

- f Es la fricción entre superficies [N]
- μ Es el coeficiente de fricción en la superficie
- N es la fuerza normal sobre el vaso [N]

La fuerza N se calculó usando las ecuaciones 2.24 a 2.26 de acuerdo con las leyes de Newton. El coeficiente μ fue asumido en base a la fricción que generan las ruedas de la bancada. A continuación, se usan las ecuaciones 2.1 y 2.2, junto con la velocidad de giro, para hallar el torque y la potencia necesaria respectivamente.

Teniendo el torque y la velocidad con que girará el vaso se utilizó la ecuación 2.2 para hallar la potencia y seleccionar un motor con las especificaciones determinadas.

2.6.5 Sistema de transmisión

Los cálculos realizados para la determinación del sistema de transmisión se encuentran en orden en la siguiente tabla

Tabla 2.7 Cálculo de sistema de transmisión por bandas V [Budynas & Nisbett, 2008]

Número	Ecuación	Descripción de factores
2.42	$L_p = 2C + \pi \frac{(D+d)}{2} + \frac{(D-d)^2}{4C}; C = 1.5(D+d)$	Lp: longitud de paso D: diámetro mayor d: diámetro menor
2.43	$V = \frac{\pi d N}{12}$	V: velocidad periférica N: velocidad rotacional
2.44	$\varphi = \pi - 2 \operatorname{sen}^{-1} \frac{D-d}{2C}$	φ : ángulo de cobertura
2.45	$e^{f\varphi} = \frac{F_1 - F_c}{F_2 - F_c}$	f: factor de fricción = 0.5123
2.46	$H_a = K_1 K_2 H_{tab}$	Ha: potencia permitida Htab: Potencia tabulada (tabla 2.8) K1: factor de corrección de ángulo de contacto* K2: factor de corrección de longitud de banda*
2.47	$H_d = H_{nom} K_s n_d$	Hd: potencia de diseño Ks: factor de servicio* nd: factor de diseño (1.3 en este caso)
2.48	$N_b \geq \frac{H_d}{H_a}$	Nb: Número de pasadas

2.49	$F_c = K_c \left(\frac{v}{1000} \right)^2$	Fc: tensión centrífuga Kc: parámetro de banda*
2.50	$\Delta F = \frac{63025 H_a / N_b}{N(d/2)}$	ΔF : potencia transmitida
2.51	$F_1 = F_c + \frac{\Delta F e^{f\varphi}}{e^{f\varphi} - 1}$	F1: tensión mayor
2.52	$F_2 = F_1 - \Delta F$	F2: tensión menor
2.53	$F_i = \frac{F_1 + F_2}{2} - F_c$	Fi: tensión inicial
2.54	$n_{fs} = \frac{H_a N_b}{H_{nom} K_s}$	nfs: factor de seguridad
2.55 y 2.56	$T_1 = F_1 + (F_b)_1 = F_1 + \frac{K_b}{d}$ $T_2 = F_1 + (F_b)_2 = F_1 + \frac{K_b}{D}$	T1 y T2: vida de la banda en horas (poleas d y D respectivamente)
2.57	$N_p = \left[\left(\frac{K}{T_1} \right)^{-b} + \left(\frac{K}{T_2} \right)^{-b} \right]^{-1}$	Np: número de pasadas K y b: parámetros de durabilidad*
2.58	$t = \frac{N_p L_p}{720V}$	t: horas de trabajo

*Las tablas conteniendo estos valores se encuentran en la sección de Apéndices (Apéndice A)

2.7 Bancadas

Para el diseño de las bancadas se tomó en consideración que las dos caras de la volteadora estarán fijas, así como que la trituradora estará elevada de tal manera que el material triturado se almacena en un montículo.

2.7.1 Análisis como barra en compresión

Se analizó la estructura como una barra en compresión utilizando la fórmula 2.41 [Norton, 2011]:

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (2.59)$$

Donde:

- F Es la fuerza de compresión [N]
- A Es el área de aplicación de la fuerza [m²]
- σ Esfuerzo de compresión [N/m²]

2.7.2 Análisis como viga en compresión:

Se analizó la estructura como una viga en compresión utilizando la fórmula 2.43 [Norton, 2011]:

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 * E * I}{L^2} \quad (2.60)$$

Donde:

- P_{cr} Es la carga crítica máxima que puede soportar la viga [N]
- E El módulo de Young del material [GPa]
- I El menor momento de inercia de la viga [m⁴]
- L Largo de la viga [m]

2.8 Simulaciones

Se realizaron simulaciones a los elementos sometidos a más grandes esfuerzos, para entender con mejor claridad funcionaría el equipo al momento de instalarlo, estas piezas fueron: Cuchilla, Eje y Bancada. El programa a usar fue “Autodesk Inventor” el cual posee la herramienta de elementos finitos para calcular los esfuerzos en zonas complejas del material.

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

En este capítulo se presenta el dimensionamiento de la trituradora ensamblada en un modelo 3D con cada elemento mecánico diseñado, además de costos de materiales y mecanizado.

3.1 Resultados de diseño

3.1.1 Resultado del cálculo de cuchillas

De acuerdo con los resultados de productividad con los parámetros de número de cuchillas y revoluciones se obtuvo la siguiente gráfica:

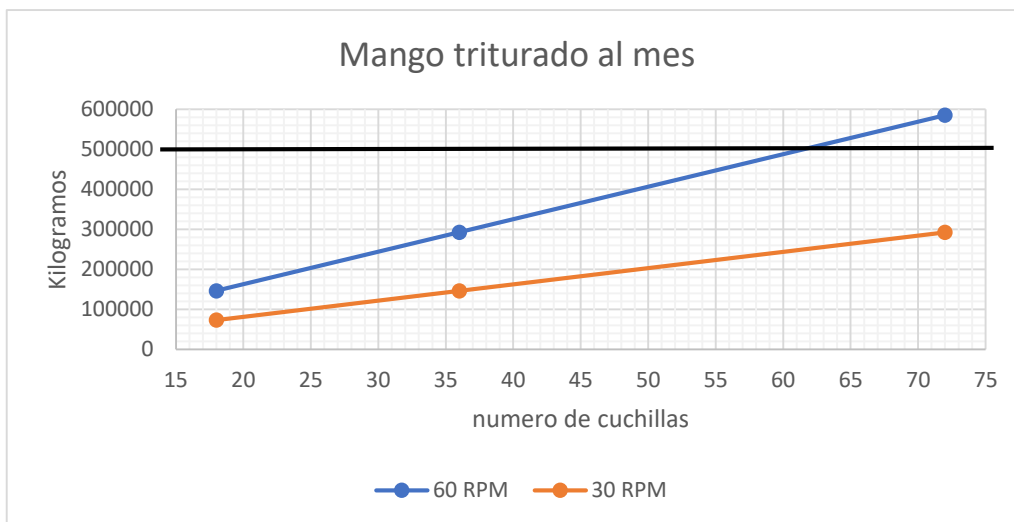


Figura 3.1 Volumen producido vs Número de cuchillas a 60 y 30 rpm [Elaboración propia]

Se observa que con 62 cuchillas a una velocidad de 60 rpm se logra obtener una producción de 500 Tn al mes.

El número de ganchos se obtuvo a partir del tamaño de triturado obteniendo una separación de 7cm y un total de 8 ganchos. De los mismos requerimientos de triturado se definió la altura de cada gancho dando un valor de 17.42 mm. Con estos resultados se diseñó una cuchilla de 179.21

mm cada una con su respectivo agujero hexagonal de 50 mm de círculo circunscrito para encaje del eje.

Se utilizó acero SISA O1/ AISI O1 o también conocido en el mercado como DF2 utilizado comúnmente en cuchillas para corte. Para asegurar el corte del material se separaron las cuchillas a una distancia de 130 mm de los centros, dejando una distancia de 10 mm de intercepción de los círculos base de las cuchillas, esto se muestra en la figura 3.2

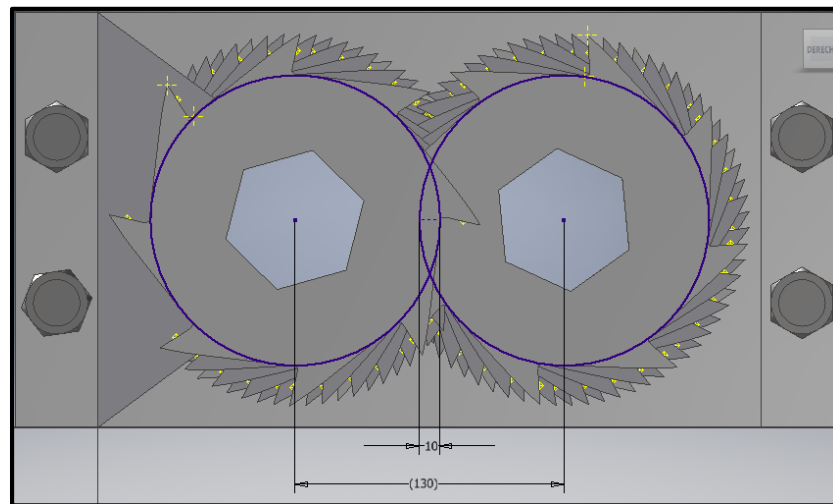


Figura 3.2 Distancia de separación entre cuchillas [Elaboración propia]

3.1.2 Resultado del cálculo de engrane

Se utilizó engranes de acero cementado según la normativa AGMA endurecido totalmente, su relación es de 1:1 con una separación de 130 mm y un número de dientes de 40 poseen un módulo de M3.25.

El ciclo de vida hasta su mantenimiento es de $1 \cdot 10^6$ revoluciones, generando esfuerzos de flexión desde 114.6 MPa hasta 125.51 MPa y para esfuerzo superficial genera 86.9 MPa. Obteniendo factores de seguridad en flexión de 2.1 para piñón, 2.0 para engrane y un factor de seguridad superficial de 88.8

3.1.3 Resultados del cálculo de eje

Se realizaron 2 diagramas de momento flector y fuerza cortante en el plano Y-X y Z-X obteniendo los siguientes resultados apreciados en la figura 3.3, 3.4, 3.5 y 3.6:

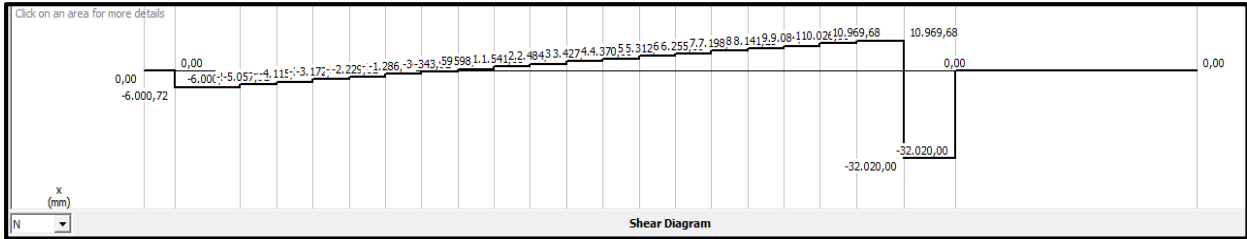


Figura 3.3 Diagrama de fuerza cortante sobre el plano Y-X. [Elaboración propia]

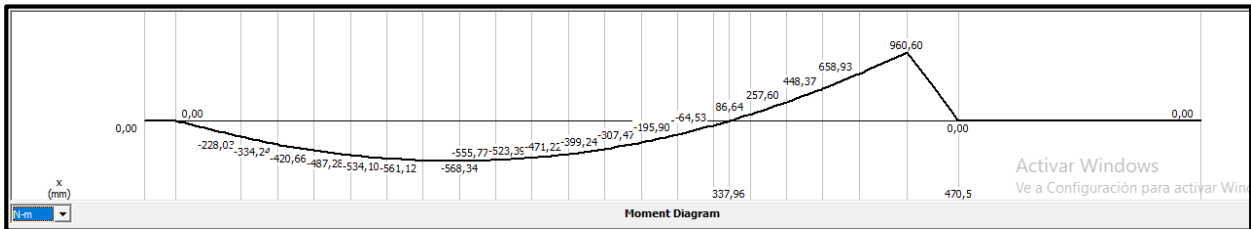


Figura 3.4 Diagrama de Momento flector sobre el plano Y-X. [Elaboración propia]

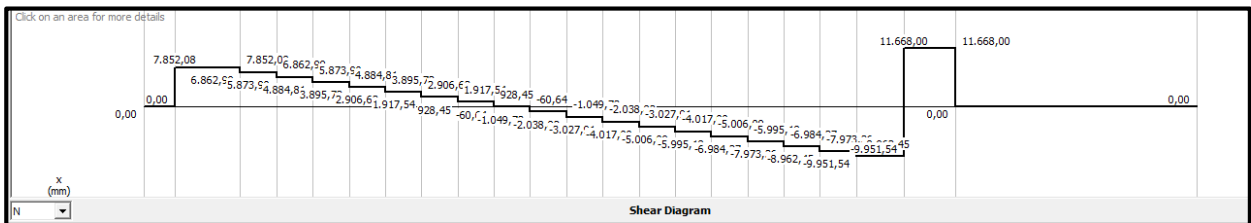


Figura 3.5 Diagrama de Fuerza cortante sobre el plano Z-X. [Elaboración propia]

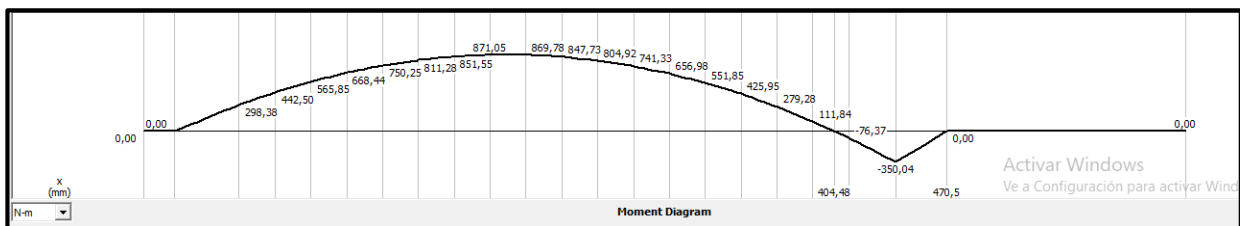


Figura 3.6 Diagrama de Momento flector sobre el plano Z-X. [Elaboración propia]

Teniendo como máximo momento flector de M_y máximo = 960 [N*m] en el plano Y-X y M_z máximo = 871.05 [N*m] en el plano Z-X.

Según los resultados obtenidos de la ecuación 2.34 el diámetro mínimo de eje es de 47.97 mm con un factor de seguridad de 1.5, se ha establecido un valor de 50 mm para compensar factores de peso y chaveta, al ser necesario

un eje hexagonal se utilizará un círculo circunscrito con ese diámetro para evitar fallos en el diseño.

Para ejes de transmisión de potencia es utilizado el acero AISI 4340, en el mercado nacional es llamado acero 705, con sección hexagonal de 432 mm de largo y circular en los extremos para encaje de los rodamientos y engranes, por el lado de los engranes un largo de 170 mm y por el lado de los rodamientos 28 mm, este extremo fue perforado con un agujero de 16 mm para encaje de un perno M16 de tamaño.

3.1.4 Resultado de la selección del motor

Conociendo la fuerza de cizallamiento de la pepa de mango y el diámetro de las cuchillas se utilizó la ecuación 2.1 para hallar el torque requerido dando un resultado de 123.20 [N*m], con 36 cuchillas en contacto con el material, a una velocidad de 60 rpm usando la ecuación 2.2 se obtuvo una potencia de 14,66 HP en el mercado se encuentran motores trifásico de 15 y 20 HP, este último fue usado en el proyecto como medida de seguridad para evitar que el motor trabaje a su máxima potencia.

3.1.5 Resultado de la selección de rodamientos

Las cargas axiales resultantes fueron menores a 4 kN, por lo que se seleccionó rodamientos NSK 72 estándar con diámetro interior de 50mm y exterior de 90 mm.

3.1.5 Resultado del diseño de bancadas

Para el diseño del proyecto se necesitó usar un perfil cuadrado de 50*50*3 mm³ esto con el fin construir una bancada que encaje con la trituradora en una mesa hueca.

Según la norma Ecuatoriana NEC el acero ASTM A36 es el indicado para estructuras de maquinaria y edificio, en base a este material se realizaron 2 tipos de análisis, el primero como una barra en compresión, usando la ecuación 2.41 se obtuvo un esfuerzo de 7.56 MPa obteniendo un factor de seguridad de 43.

El segundo análisis fue de una viga en compresión, utilizando la ecuación 2.42 se obtuvo una carga crítica mínima de 1028.018 [kN].

3.1.6 Resultados de diseño de la volteadora

Analizando la demanda de volumen de compost y usando una relación de 1:10 entre el radio y la altura, se obtuvieron las siguientes dimensiones para el vaso de la volteadora:

- Longitud/Altura (h) = 15 [m]
- Diámetro (D) = 3 [m]
- Espesor: 56.25 [cm]

Estas dimensiones resultan en una capacidad de volumen de aproximadamente $275m^3$. Con esta capacidad se puede generar el volumen de compost necesario para cumplir con la demanda. Dentro del vaso se colocó un cilindro más pequeño donde a futuro se ubicarán sensores de temperatura y humedad para ayudar a controlar la maduración del compost.

Además, para ayudar al movimiento del producto interior y para facilitar el control de parámetros del compost se diseñaron pequeñas láminas, las cuales irán soldadas a la parte interior del vaso y un pequeño tubo con aberturas en cada extremo por donde pasarán los cables de los sensores de humedad y temperatura.

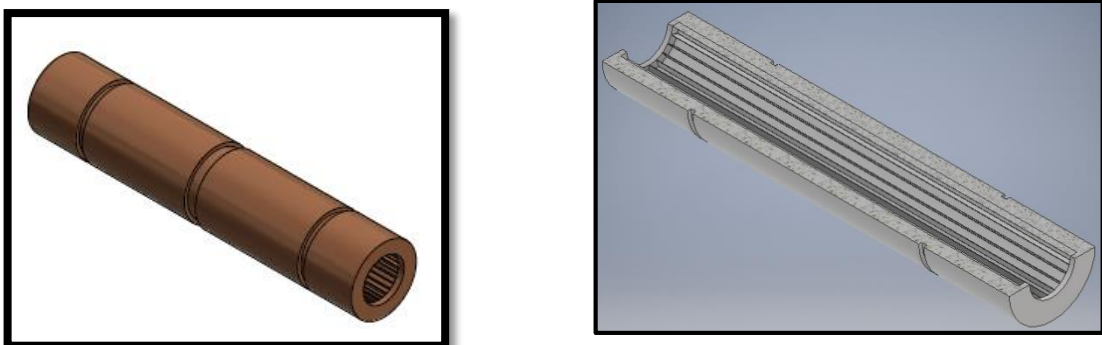


Figura 3.7 Diseño del vaso completo y seccionado. [Elaboración propia]

Al vaso se le crearon surcos y se colocó encima de una bancada con ruedas, las cuales facilitarían la rotación estando ubicados un par en cada surco. Esta bancada se encuentra ligeramente inclinada para facilitar el transporte del

material hacia el interior del vaso. También se diseñó una tolva de alimentación junto a su estructura de soporte mediante la cual ingresará el material triturado hacia el vaso.

Cabe recalcar que para generar la cantidad requerida de compost se utilizarán cuatro volteadoras las cuales se vincularán al sistema general ordenadas en serie. Cuando el producto esté listo se los transportará a una ensacadora la cual al llenarse será guardada en una bodega hasta que sea vendida o usada en algún sembrío. Con esto termina el proceso de compostaje.

Durante el diseño de esta máquina se seleccionaron los siguientes materiales: acero estructural, para la bancada y la estructura de soporte de la tolva, y acero inoxidable para el vaso, el cilindro donde se ubicarán los sensores y para la tolva. Como un adicional, las ruedas serán de caucho para no generar mucha fricción y facilitar el movimiento.

El sistema de transmisión es diferente que el usado en la trituradora sobre todo por la diferencia de dimensiones. En este caso se optó por una transmisión por banda ya que la propiedad que más se desea transmitir es la velocidad de giro debido a que no se está moliendo o picando nada. Además, la diferencia de diámetros es muy grande ya que el diámetro del surco del cilindro donde se conectará la banda es de aproximadamente 2.6 metros. Por lo tanto, se seleccionó un sistema con bandas en V usando el surco en la mitad de la volteadora como la polea mayor y usando una polea de aproximadamente 52.5 cm de diámetro para el motor siendo conectados por medio de aproximadamente 12 bandas de 38 cm de ancho. El motor seleccionado sin embargo es de 75 HP, esto se debe a las dimensiones de la máquina las cuales son muy grandes. En el apéndice A se encuentra una tabla con las dimensiones transversales de la banda mientras que en el apéndice B se presentan los planos del diseño.

Se colocó una abertura en la tapa en la zona inferior de la máquina para poder remover el material una vez el compost esté listo y se diseñó una tolva de alimentación junto a su estructura de soporte para ayudar a la entrada de material.

3.1.7 Selección de la banda

Debido a que el material es húmedo, al momento de triturar se generarán líquidos, estos deben ser tratados adecuadamente, por ende, se ha seleccionado una banda modular que permita el drenado de líquidos con ancho entre 55 a 65 cm para aprovechar todo el material triturado.

3.2 Resultados de simulaciones de elementos finitos

Se utilizó el programa Autodesk Inventor Professional para realizar simulaciones de elementos finitos en los elementos sometidos a los mayores esfuerzos.

3.2.1 Simulación de la cuchilla

La figura 3.8 muestra los resultados de la simulación de la cuchilla sometida a la fuerza de resistencia al corte del material. Se observa que el mayor esfuerzo se produce en la unión del gancho con el círculo base de la cuchilla debido a cambios de áreas bruscos, pero resultó un valor de 87.58 MPa que es pequeño en comparación a la resistencia del material, existen esfuerzos en la esquina del agujero hexagonal que tiene un valor de aproximadamente 35MPa. El mayor desplazamiento se presentó en las puntas de la cuchilla de apenas 0.016 mm mostrado en la figura 3.9.

Las simulaciones realizadas nos permiten entender mejor los puntos críticos donde se producen la mayor cantidad de esfuerzos al momento de triturar.

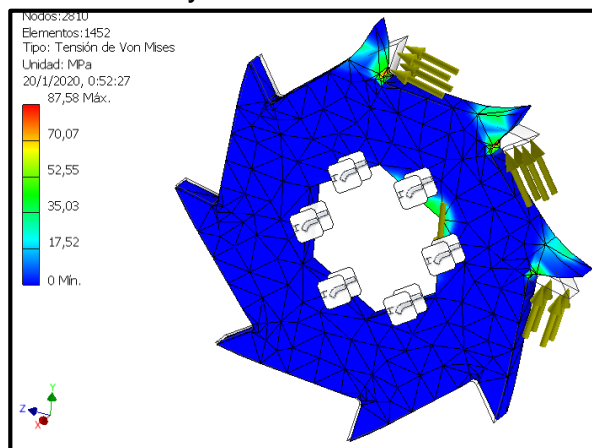


Figura 3.8 Simulación de esfuerzos de la cuchilla en elementos finitos [Elaboración propia]

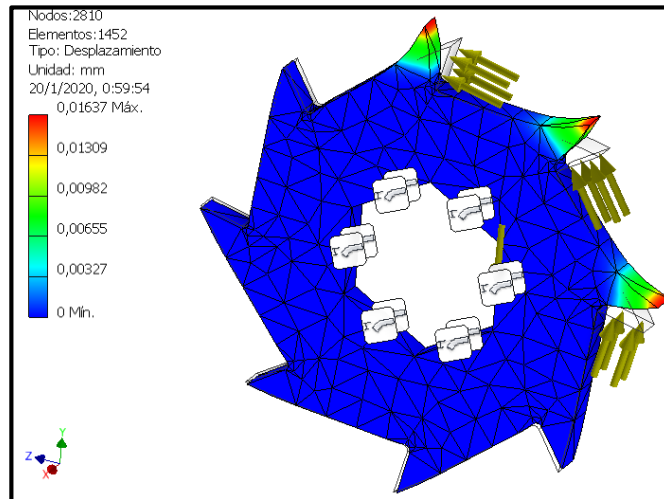


Figura 3.9 Simulación de desplazamiento la cuchilla en elementos finitos
[Elaboración propia]

3.2.2 Simulación del eje

La figura 3.10 nos muestra los resultados de las simulaciones de elementos finitos sobre el eje, se observó que el mayor esfuerzo de compresión se encuentran en los extremos donde se reciben las reacciones de las cuchillas en contacto y el peso teniendo un valor de 17,27 MPa, se observó además esfuerzos de tensión en el medio del eje de alrededor de 2.34 MPa zona donde se produce la mayor deflexión. En la misma figura se aprecia fuerzas hacia arriba y abajo, esto debido a la fuerza inclinada hacia arriba de la resistencia del desecho, al existir cuchillas que no toquen el desecho en un determinado momento sólo se cuenta con su fuerza del peso. La figura 3.11 muestra el desplazamiento máximo que tendrá el eje, como se mencionó anteriormente la máxima deformación se produce en el medio del eje con un valor máximo de 0,06 mm

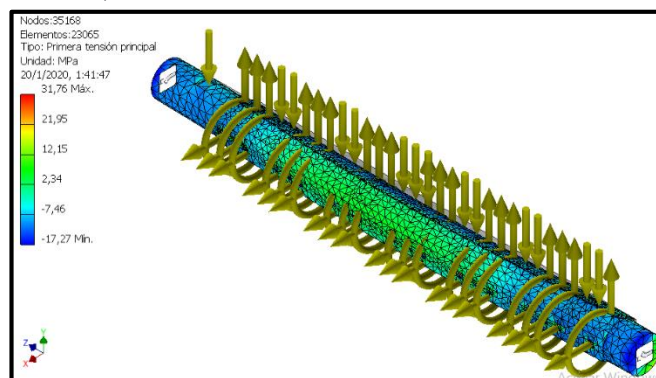


Figura 3.10 Simulación de esfuerzos del eje [Elaboración propia]

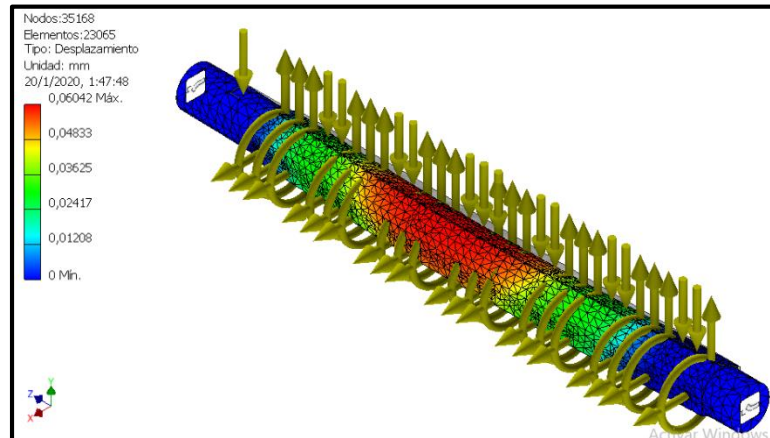


Figura 3.11 Simulación de desplazamiento del eje [Elaboración propia]

3.2.3 Simulación de la bancada

El peso de la tritura de acuerdo al volumen y densidad del material es de un total de 1555.96 N, el peso del motor junto con su reductor fue es de 345.5 N el cual está distribuido entre las columnas de la bancada. La figura 3.11 muestra las deformaciones que presenta la bancada con un máximo de 0,017 mm en la barra que comparte bancada entre la trituradora y el motor con su reductor.

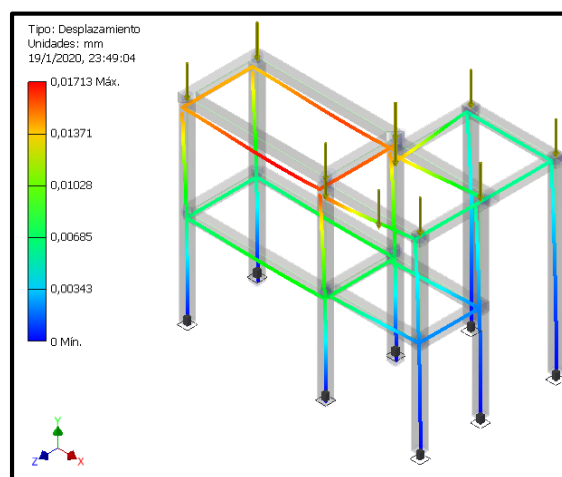


Figura 3.12 Simulación de desplazamiento de la bancada [Elaboración propia]

La figura 3.13 muestra los esfuerzos que producen estas fuerzas, por ser una armadura se tienen esfuerzos de compresión y tensión con un máximo valor de tensión de 144.7 MPa y de compresión de 51.5 MPa no superando la resistencia del material A36 de 250 MPa, la figura 3.14 nos muestra el coeficiente de seguridad y se observa que el mínimo es de 1,3 en partes soldadas. Se observa que la tensión se produce en las uniones entre vigas

debido a que estas sujetan a las otras piezas para evitar su desplazamiento.

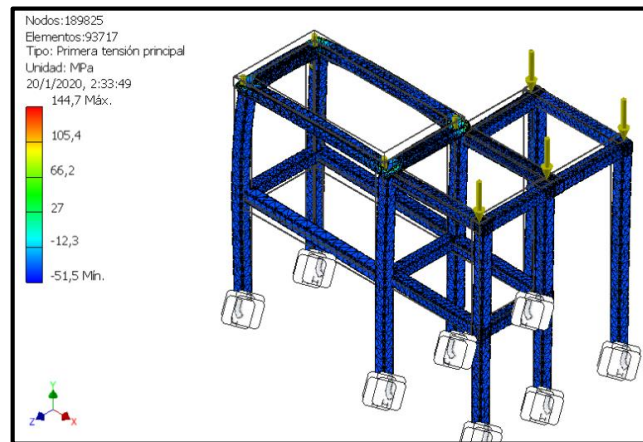


Figura 3.13 Simulación de esfuerzos sobre la bancada [Elaboración propia]

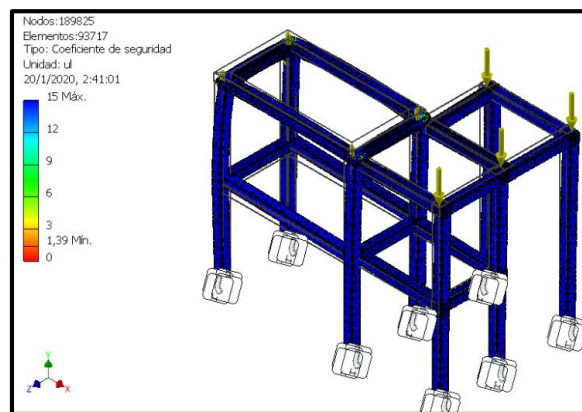


Figura 3.14 Simulación de los coeficientes de seguridad de la bancada [Elaboración propia]

3.3 Análisis y resultado de costos

El costo total de los materiales de la trituradora y volteadora es de \$48.682,15 en la tabla 3.1 se adjuntan los costos y cantidad de cada material, existen talleres donde proveen material y mano de obra en un solo precio como el caso para el eje y cuchilla, estos componentes no serán contabilizados en el cálculo de costos de mecanizado, se decidió por agregar un costo de imprevistos de 400 dólares dando un total de 49.082,15 dólares.

La tabla 3.2 se adjuntan los costos de mecanizado de cada material, obteniendo un total de 3.823,68 dólares incluido IVA.

Tabla 3.1 Costos de materiales a utilizar [Elaboración propia]

LISTADO DE MATERIALES				
Material	Especificaciones	Cantidad	Precio unit.	Total
Eje Hexagonal de acero AISI 4340 (incluido mecanizado)	60 mm de diámetro circunscrito 1 m de largo	2	130	260.00
Planchas de acero inoxidable AISI 304	1,22 m*2,44m * 10mm	1	1040	1040.00
Planchas de acero Negro	1m * 1m * 20 mm	5	469,5	2347.50
Planchas de acero Negro	1m * 1m * 38 mm	1	893	893.00
Plancha de acero SISA O1/ AISI O1 incluido mecanizado	200mm* 200mm* 10mm	62	60	3720.00
Engranaje de acero cementado (incluyendo mecanizado)	40 dientes	2	210	420.00
	módulo 3,25			
Motor Eléctrico	20 hp	1	1125,22	1125.22
Acople para motor	60 mm de diámetro interno	1	411	411.00
Reductor de velocidad	1:20	1	25	25.00
Reductor de velocidad	1:40	1	50	50.00
Acero Estructural ASTM A36	50*50*3 mm ³ (6 metros)	2	23,5	47.00
Acero inoxidable 304	Cilindro hueco	1	38193.43	38243.43

Total: \$484871

Tabla 3.2 Costos de mecanizado de cada componente [Elaboración propia]

COTIZACIÓN DEL COSTO DE MAQUINADO				
Componente	Costo	Cantidad	Subtotal	Total + IVA
Caja frontal	196	2	392	439,04
Caja lateral	85	2	170	190,4
Arandela Hexagonal	16	62	992	1111,04
Separador de cuchillas	30	62	1860	2083,2
Total				3823,68

El costo total del equipo será de \$52955.83 sin mano de obra, estos costos pueden ser reducidos realizando cambios en las dimensiones y material de los componentes.

CAPÍTULO 4

4. Conclusiones Y Recomendaciones

A través de este proyecto se ofrece el plan a las empresas que se dedican a la fabricación de productos alimenticios de realizar un adecuado uso de sus desechos, contribuyendo a la disminución de basura y conservación vegetal en sus hectáreas de sembrío, además de un posible mercado en la industria del abono orgánico. Se espera la aceptación por parte de la empresa para el desarrollo del proyecto además de sugerencias para la mejora continua en el diseño y optimización de recursos para su creación.

En el diseño de la máquina se tomaron en cuenta aspectos como el tipo de material a triturar, y el tamaño después de triturar, siendo este último el primer paso para el diseño de cuchillas y separación entre las mismas. Los elementos más críticos son el eje y las cuchillas que estarán sometidos a esfuerzos, siendo las cuchillas los elementos que determinarán el tamaño de corte con una separación entre ganchos de aproximadamente 7 cm y alto de diente de 1.7 cm asegurando el tamaño adecuado del desecho. Debido a que posee elementos sencillos el mantenimiento no es complejo y no requiere grandes gastos o tiempo.

El costo del proyecto puede ser grande, sin embargo, al tomar en cuenta los beneficios ambientales y rapidez con que se obtiene el producto las ganancias se recuperaran en aproximadamente 44 años dependiendo del número de volteadoras que se decida implementar aconsejando un número de 4 volteadoras para obtener el volumen de producción requerido.

4.1 Conclusiones

- Se diseñó una máquina trituradora de desechos orgánicos, teniendo en cuenta que la pepa de mango se encuentra en estos materiales se utilizó este tipo de trituradora con el fin de no tener problemas con el tamaño de triturado.
- Se realizó un análisis de elementos finitos en *Autodesk Inventor* para asegurar la resistencia de las cuchillas al momento de triturar,

comprobando además que las cuchillas permanecen en su zona elástica al ejercer la fuerza de resistencia de la pepa de mango sobre ellas.

- En base a los requerimientos de diseño se encontró una relación entre el volumen de triturado con el número de cuchillas a 30 y 60 rpm con el fin de determinar la cantidad adecuada de cuchillas y su velocidad para lograr el peso necesario en producción de abono.
- Se diseñó la bancada con una inclinación de 5°, lo cual ayuda a desplazar el material hacia el interior
- El diseño del vaso se centró en la optimización de la acción de volteo por eso se colocaron láminas en su interior, para ayudar a mover el material mientras la máquina gira, además al momento de llegar a un rango de temperatura comenzará a girar durante un determinado tiempo.
- El surco en la mitad del vaso posee un tamaño adecuado para colocar el número de bandas determinado para transmitir el movimiento rotacional.
- Adicionalmente el cilindro en la parte interior del vaso de la volteadora se puede usar para colocar un sistema de aspersores de agua con lo que se puede controlar mejor la humedad.
- Gracias a los sensores ubicados dentro del vaso de la volteadora se logra reducir notablemente el tiempo de maduración del compost por lo que el producto se puede obtener en un par de semanas siendo esto muy poco en comparación a los meses que toman los otros métodos.

4.2 Recomendaciones

- El peso del equipo en conjunto es de aproximadamente 500 Kg, se sugiere que al momento de transportar sea desensamblado en partes.
- Se sugiere colocar materiales no mayores a la resistencia del mango dentro de la cámara de trituración, en caso de querer triturar un desecho mayor se sugiere bajar las revoluciones y colocarlo de uno en uno.
- Es recomendable colocar el sistema entero bajo techo para evitar corrosión en la pieza o daños en el sistema eléctrico. Además de una superficie suficientemente plana para evitar vuelcos en la máquina.

- En caso de no usar el sistema de transmisión por bandas es posible usar el surco del vaso para soldar o instalar una corona de tal manera que la transmisión se efectúe por medio de engranes.
- Considerar el tamaño de la volteadora al momento de ensamblar el sistema ya que es posible que se requieran más de una y cada volteadora ocupa una gran cantidad de espacio.
- Revisar periódicamente que no se tape el cilindro interior ya que es donde se encuentran los sensores y esto puede provocar fallas de funcionamiento.

BIBLIOGRAFÍA

- Hakkens, D. (18 de octubre de 2017). *davehakkens*. Obtenido de davehakkens: https://davehakkens.nl/community/forums/topic/calculations-required-for-shredder/page/2/?fbclid=IwAR3iDWHFrXTLHpX4rGaAwzV7BC8SIFeilM_nxkiydGH1zRjYAlOkzWKTSmA
- Ramos, F., & Vega, K. (2015). *Diseño y construcción de una trituradora de hojas secas de guayusaca con capacidad de 6.5 quintales por hora*. Quito: Escuela Politecnica Nacional.
- Salas, C. (2012). Diseño de un molino de rodillos para molienda de granos, destinado al área de alimentos del CESTTA-ESPOCH. En C. Salas, *Diseño de un molino de rodillos para molienda de granos, destinado al área de alimentos del CESTTA-ESPOCH* (págs. 18-19). Riobamba: ESPOCH.
- Fernandez Ñato, L. E. (2015). *Diseño y construcción de un prototipo de trituradora semiautomática para esponja de poliuretano* (B.S. thesis). UNIVERSIDAD TECNOLOGICA EQUINOCCIAL. FACULTAD: CIENCIAS DE LA INGENIERÍA.
- Finca y Campo. (s. f.). *Composte los desechos de su finca con el triturador de residuos orgánicos Trapp TR200*. Recuperado de https://www.youtube.com/watch?v=m0BpW8C_VSo
- García San Emeterio, A. (2016). *Diseño de máquina trituradora de áridos de impacto*.
- Lizarzaburu, G. (s. f.). Los suelos agrícolas preocupan la región. Recuperado 18 de octubre de 2019, de Www.expreso.ec website: <https://www.expreso.ec/economia/region-agricola-suelos-alianza-mundial-GH2845822>
- María, B. (s. f.). En "DISEÑO DE UNA MÁQUINA TRITURADORA A RODILLOS Y CONTROLADOR DE DIÁMETRO, PARA LA OBTENCIÓN DE ÁRIDOS DE. 142.

- Budynas, R., & Nisbett, K. (2008). *Diseño en ingeniería mecánica de shigley* (8.ª ed.).
- Civil Engineering Tutoriales. (2016, julio 16). *Diagrama de Momento Flector y Fuerza Cortante—MÉTODO DE LAS ÁREAS*.
https://www.youtube.com/watch?v=Q_0PTe1BGX4
- Cleanfull Consulting. (2016, mayo 5). *COMPOSTADOR VOLCOMP CLEANFULL PROYECTO REPSOL/PERU*.
https://www.youtube.com/watch?v=WunTzh_XEew
- Compostaje Industrial en Vaso. (2014, marzo 13). *Ison 21*.
<https://www.ison21.es/compostaje-industrial-en-vaso/>
- Departamento de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Autónoma Chapingo., Pérez-López, A., Villaseñor-Perea, C. A., Departamento de Ingeniería Mecánica Agrícola, Universidad Autónoma Chapingo, Crisanto-Martínez, V., Departamento de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Autónoma Chapingo., Corrales-García, J. J. E., & Departamento de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Autónoma Chapingo. (2015). MECHANICAL PROPERTIES AND RIPENING OF MANGO FRUITS(*Mangifera indica* L.) UNDER AXIAL COMPRESSION. *Ingeniería Agrícola y Biosistemas*, 1(1), 19-23. <https://doi.org/10.5154/r.inagbi.2009.05.011>
- Dominguez, R. (2015, diciembre 8). *Trituradora jardín. Componentes y funcionamiento*.
https://www.youtube.com/watch?v=XYaR8Z_LPNU
- Fernandez Ñato, L. E. (2015). *Diseño y construcción de un prototipo de trituradora semiautomática para esponja de poliuretano* [B.S. thesis]. UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL. FACULTAD: CIENCIAS DE LA INGENIERÍA.
- María, B. (2010). En *“DISEÑO DE UNA MÁQUINA TRITURADORA A RODILLOS Y CONTROLADOR DE DIÁMETRO, PARA LA OBTENCIÓN DE ÁRIDOS DE*. 142.
- Molinos de martillos | Molinos Martillos | Quebradoras de Quijadas*. (2012, mayo 7).
<https://www.trituracionymolienda.com/Molinos.html>
- Norton, R. (2011). Diseño de maquinaria un enfoque integrado. En *Diseño de maquinaria un enfoque integrado* (cuarta, pp. 420-450). Pearson Education.

- Pérez, J., García, S., Ramos, E., Hernández, G., & Burón, L. (2019, septiembre 11). *Propiedades físico-mecánicas de los granos y vainas de gandul para el diseño de una desgranadora*. 27(4), 10.
- Román, P., Martínez, M., & Pantoja, A. (2013). *Manual del compostaje del agricultor, experiencias en latino América*.
- Tillman, D., & Harding, S. (2012). *Trituradora, Combustible residual-Mezcla de carbón*. [Ciencia e investigaciones]. Sciencedirect.
<https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/shredder>
- Tolva basculante 900L (INOX), Tolva fabricada en acero inoxidable ...* (s. f.). Tymbia Solutions SL. Recuperado 16 de noviembre de 2019, de <https://www.tymbia.com/es/producto/1176-tolva-basculante-900l-inox-tolvas-m103040042>
- Torres, Acosta, Chincilla, R., Álvaro, Carlos. (2004). *Proyecto comercial de compostaje de los desechos agroindustriales de la palma aceitera | Revista Palmas*. 25(2), 378-379.
- Trituradora de latas – Transportes de paneles de madera*. (2018, junio 19).
<http://abakan-teach.ru/trituradora-de-latas/>
- Trituradoras de 4 arboles: Modelo 2566 | TRITOTUTTO - Molino—Molinos*. (s. f.). Recuperado 13 de noviembre de 2019, de <http://www.tritotutto.com/es/trituradoras-de-4-arboles/trituradoras-de-4-arboles-modelo-2566>
- Trituradoras de Rodillos. (2017, julio 15). *Foro por Metalurgista de 911Metalurgist*.
<https://www.911metallurgist.com/metalurgia/trituradoras-de-rodillos/>
- VOLTEADORAS DE COMPOSTA*. (s. f.). Recuperado 16 de noviembre de 2019, de <https://www.compostamex.com/tecnologia/volteadoras-de-composta>

APÉNDICES

APÉNDICE 1: Tablas de factores (Metodología)

Tabla Factor Htab [Budynas & Nisbett, 2008]

Tabla 8-8 Factor geométrico J para flexión de la AGMA, para 20°, y dientes de profundidad total con carga en la punta

Dientes en el engrane	Dientes en el plión																
	12		14		17		21		26		35		55		135		
	P	G	P	G	P	G	P	G	P	G	P	G	P	G	P	G	
12	U	U															
14	U	U	U	U													
17	U	U	U	U	U	U											
21	U	U	U	U	U	U	0.24	0.24									
26	U	U	U	U	U	U	0.24	0.25	0.25	0.25							
35	U	U	U	U	U	U	0.24	0.26	0.25	0.26	0.26	0.26					
55	U	U	U	U	U	U	0.24	0.28	0.25	0.28	0.26	0.28	0.28	0.28			
135	U	U	U	U	U	U	0.24	0.29	0.25	0.29	0.26	0.29	0.28	0.29	0.29	0.29	

Tabla Factor Htab continuación [Budynas & Nisbett, 2008]

Tabla 8-9 Factor geométrico J para flexión de la AGMA, para 20°, y dientes de profundidad total con carga del HPSTC

Dientes en el engrane	Dientes en el plión																
	12		14		17		21		26		35		55		135		
	P	G	P	G	P	G	P	G	P	G	P	G	P	G	P	G	
12	U	U															
14	U	U	U	U													
17	U	U	U	U	U	U											
21	U	U	U	U	U	U	0.33	0.33									
26	U	U	U	U	U	U	0.33	0.35	0.35	0.35							
35	U	U	U	U	U	U	0.34	0.37	0.36	0.38	0.39	0.39					
55	U	U	U	U	U	U	0.34	0.40	0.37	0.41	0.40	0.42	0.43	0.43			
135	U	U	U	U	U	U	0.35	0.43	0.38	0.44	0.41	0.45	0.45	0.47	0.49	0.49	

Tabla Factor Htab continuación [Budynas & Nisbett, 2008]

Tabla 8-10 Factor geométrico J para flexión de la AGMA, para 20° y 25%; dientes con adendum largo con carga en la punta

Dientes en el engrane	Dientes en el piñón																
	12		14		17		21		26		35		55		135		
	P	G	P	G	P	G	P	G	P	G	P	G	P	G	P	G	
12	U	U															
14	U	U	U	U													
17	U	U	U	U	0.27	0.19											
21	U	U	U	U	0.27	0.21	0.27	0.21									
26	U	U	U	U	0.27	0.22	0.27	0.22	0.28	0.22							
35	U	U	U	U	0.27	0.24	0.27	0.24	0.28	0.24	0.28	0.24					
55	U	U	U	U	0.27	0.26	0.27	0.26	0.28	0.26	0.28	0.26	0.29	0.26			
135	U	U	U	U	0.27	0.28	0.27	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.29	0.28	0.30	0.28	

Tabla 2.8 Factor Htab [Budynas & Nisbett, 2008]

Tabla 8-11 Factor geométrico J para flexión de la AGMA, para 20° y 25%; dientes con adendum largo con carga del HPSTC

Dientes en el engrane	Dientes en el piñón																
	12		14		17		21		26		35		55		135		
	P	G	P	G	P	G	P	G	P	G	P	G	P	G	P	G	
12	U	U															
14	U	U	U	U													
17	U	U	U	U	0.36	0.24											
21	U	U	U	U	0.37	0.26	0.39	0.27									
26	U	U	U	U	0.37	0.29	0.39	0.29	0.41	0.30							
35	U	U	U	U	0.37	0.32	0.40	0.32	0.41	0.33	0.43	0.34					
55	U	U	U	U	0.38	0.35	0.40	0.36	0.42	0.36	0.44	0.37	0.47	0.39			
135	U	U	U	U	0.39	0.39	0.41	0.40	0.43	0.41	0.45	0.42	0.48	0.44	0.51	0.46	

Tabla 2.9- Factor K1 [Budynas & Nisbett, 2008]

D-d/C	Θ , grados	VV	K1 – Plana en V
0.00	180	1.00	0.75
0.10	174.3	0.99	0.76
0.20	166.5	0.97	0.78
0.30	162.7	0.96	0.79
0.40	156.9	0.94	0.80
0.50	151.0	0.93	0.81
0.60	145.1	0.91	0.83
0.70	139.0	0.89	0.84
0.80	132.8	0.87	0.85
0.90	126.5	0.85	0.85
1.00	120.0	0.82	0.82
1.10	113.3	0.80	0.80
1.20	106.3	0.77	0.77
1.30	98.9	0.73	0.73
1.40	91.1	0.70	0.70
1.50	82.8	0.65	0.65

Tabla 2.10- Factor k2 [Budynas & Nisbett, 2008]

Factor de longitud	Longitud nominal de la banda, pulg.				
	Bandas A	Bandas B	Bandas C	Bandas D	Bandas E
0.85	Hasta 35	Hasta 46	Hasta 75	Hasta 128	-----
0.90	38-46	48-60	81-96	144-162	Hasta 195
0.95	48-55	62-75	105-120	173-210	210-240
1.00	60-75	78-97	128-158	240	270-300
1.05	78-90	105-120	162-195	270-330	330-390
1.10	96-112	128-144	210-240	360-420	420-480
1.15	120 y mayor	158-180	270-300	480	540-600
1.20	-----	195 y mayor	330 y mayor	540 y mayor	660

Tabla 2.11- Factor Ks [Budynas & Nisbett, 2008]

Maquinaria Impulsada	Fuentes de potencia	
	Características del par de torsión normal	Par de torsión alto o no uniforme
Uniforme	1.0 a 1.2	1.1 a 1.3
Impacto ligero	1.1 a 1.3	1.2 a 1.4
Impacto medio	1.2 a 1.4	1.4 a 1.6
Impacto pesado	1.3 a 1.5	1.5 a 1.8

Tabla 2.12- Factores Kb y Kc según sección de la banda. Fuente

Sección de la banda	Kb	Kc
A	220	0.561
B	576	0.965
C	1600	1.716
D	5680	3.498
E	10850	5.041
3V	230	0.425
5V	1098	1.217
8V	4830	3.288

Tabla 2.13- Factores K y b [Budynas & Nisbett, 2008]

Sección de la banda	10 ⁸ a 10 ⁹ picos de fuerza		10 ⁹ a 10 ¹⁰ picos de fuerza		Diámetro mínimo de polea, pulg.
	K	b	K	b	
A	674	11.089			3.0
B	1193	10.926			5.0
C	2038	11.173			8.5
D	4208	11.105			13.0
E	6061	11.100			21.6
3V	728	12.464	1.062	10.153	2.65
5V	1654	12.593	2.394	10.283	7.1
8V	3638	12.629	5.253	10.319	12.5

Tabla 3A. Dimensiones de la banda V [Budynas & Nisbett, 2008]

Sección de la banda	Ancho a, pulg.	Espesor b, pulg.	Diámetro mínimo de polea, pulg.	Intervalo de potencias (HP), una o más bandas
A	½	11/32	3	¼ - 10
B	21/32	7/16	5.4	1 – 25
C	7/8	17/32	9	15 – 100
D	1 ¼	¾	13	50 – 250
E	1 ½	1	21.6	100 y mayores

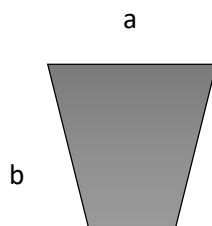


Figura A. Dimensiones de banda V [Budynas & Nisbett, 2008]

APÉNDICE 2:MANUAL DE USO DE TRITURADORA DE DOBLE EJE

1. Generalidades

1.1 Propósito del presente documento

El manual familiariza al encargado de la máquina con:

- El funcionamiento
- Las prescripciones de seguridad
- El manejo
- El mantenimiento

1.2 Conservación

Mantener las instrucciones siempre cerca, ya que tiene que estar a mano en cada momento de uso de la máquina.

2. Descripción del producto

2.1 Aplicación conforme al manual

La seguridad de funcionamiento sólo puede ser garantizada si su aplicación se efectúa conforme al manual. La máquina está diseñada para las siguientes actividades

Trituración de desechos orgánicos: Gandul. Plátano, banano, mango con su pepa.

Condiciones del lugar:

Ubicación de la instalación: Salón con base sólida

Alimentación eléctrica: 440 Voltios

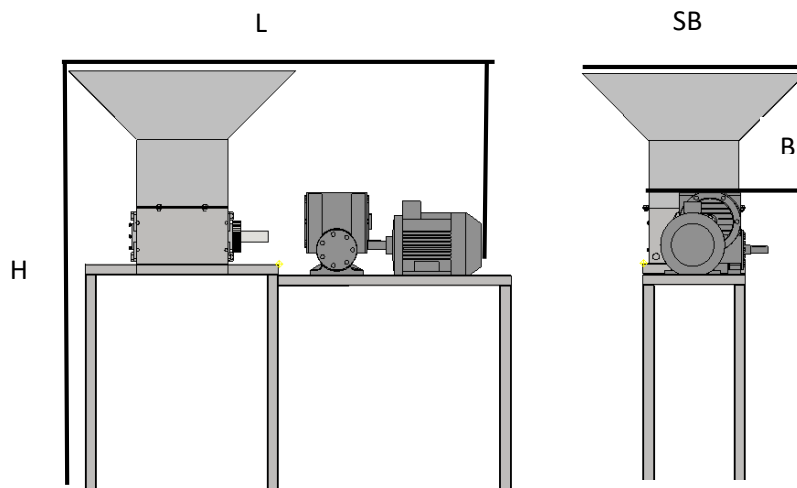
Si la máquina es utilizada para otras aplicaciones no se garantiza su funcionamiento seguro

Daños a la máquina por resultado de una aplicación no conforme al manual, el responsable no es el diseñador sino del encargado de producción.

2.2 Especificaciones de la máquina

• Denominación	Trituradora
• Modelo de la maquina	Doble eje
• Potencia [HP]	20 HP
• Abertura de la cámara de trituración [mm]	683 x 320,2
• País de origen	ECUADOR

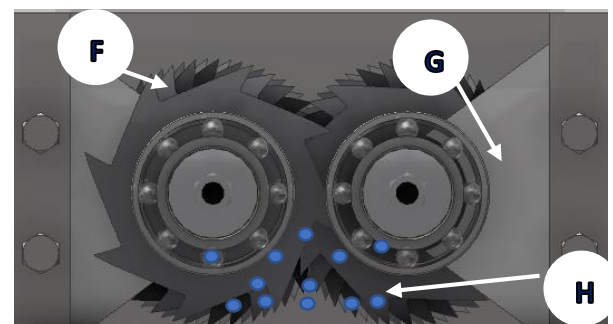
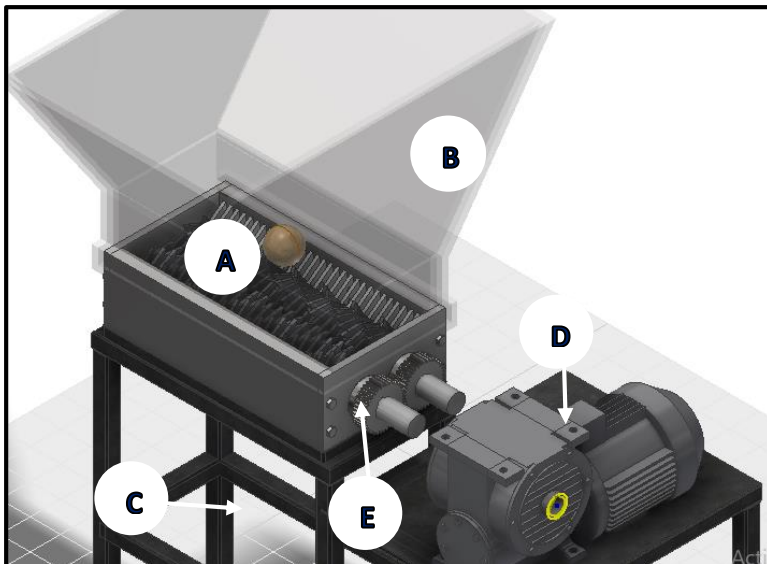
2.3 Datos generales de la máquina



Medidas	SB [mm]	L [mm]	B [mm]	H [mm]
Trituradora de doble eje	1003	1820	404	1848

Especificaciones de la máquina	Trituradora de doble eje
Potencia [HP]	20
N de revoluciones del primer eje [rpm]	60
N de revoluciones del segundo eje [rpm]	60
Peso del equipo [Kg]	500 aproximadamente

2.4 Descripción del funcionamiento



- El material a triturar (A) pasa a la cámara de la herramienta cortante a través de la tolva (B) donde se introduce inmediata y automáticamente el mecanismo cortador. Ahí se tritura en un único paso de trabajo.
- El material al pasar por las cuchillas (F) teniendo un grosor de 10mm dejará el material granulado (H) con el tamaño según los requerimientos de diseño
- Los separadores de cuchillas (G) no permitirán que el material vaya por los extremos de la cámara de trituración
- Los ejes del mecanismo cortador van accionados por un motor eléctrico trifásico (D) y un engranaje de ruedas dentadas rectas (E) de 40 dientes.

3. Normas fundamentales de seguridad

Esta sección contiene las direcciones de seguridad más importantes para un funcionamiento seguro de la máquina

3.1 Obligaciones y responsabilidades

El presente manual, tiene que ser revisado por todas las personas que se acerquen a la máquina. Además, se debe de tener en cuenta las normas de seguridad de trabajo al momento de poner en funcionamiento la máquina. La máquina se debe utilizar únicamente:

- Para las aplicaciones escritas anteriormente.
- En perfecto estado en cuanto a seguridad.

La garantía del funcionamiento del equipo queda en exclusivo al jefe de operación si se utiliza para las siguientes acciones:

- Utilización de la maquina no conforme el manual.
- Ensamble, marcha, operario y servicio no adecuados de la máquina.
- Manejo de la maquina por personal no autorizado.

- Manejo de la maquina en caso de dispositivos de ajusto en mal estado o mal ajustados.
- Alteraciones al azar de la máquina.
- Inspección no adecuada de elementos sujetos al desgaste de la máquina.
- Reparaciones no adecuadas.
- No retiro del material triturado por debajo de la máquina.
- Mantenimiento efectuado por personal no calificado.
- Acción de fuerza mayor.

3.2 Símbolos básicos de seguridad

Se utilizarán los siguientes símbolos para el peligro:



Peligro

Peligro: Peligro para la vida y la salud de las personas.
Ignorar dicha advertencia puede provocar daños a la salud del personal o muerte.



Cuidado

Cuidado: posible peligro.
Ignorar dicha advertencia provocará daños a la salud del personal.



Importante

Cuidado: Importantes advertencias para el manejo correcto de la máquina.
Ignorar dicha advertencia provoca daños a la máquina.



Información: Sugerencia de aplicación e información acerca de la máquina.

3.3 Prohibiciones en la máquina



Peligro:
Prohibido colocar dedos o manos dentro de la cámara de trituración.



Peligro:
Prohibido mirar dentro de la cámara durante su manejo.



Peligro:
Prohibido subirse a la mesa base de la trituradora.



Indicación:
Leer manual antes de poner en marcha.
Posee información del correcto uso y seguridad de la máquina.

4. Indicaciones especiales de seguridad

4.1 Medidas de seguridad a nivel de información

Antes de cada marcha de la máquina, hay que colocar todos los dispositivos de sujeción correctamente para su correcto funcionamiento.

Los dispositivos de sujeción solamente se pueden quitar:

- El momento que la máquina no esté apagada
- Cuando no se encuentre personal cerca de la máquina.

4.2 Medidas de seguridad a nivel de información

- Las advertencias dadas deben mantenerse en buen estado para poder ser leído con toda claridad.

4.3 Formación del personal

Sólo el personal autorizado tiene permitido trabajar en la máquina. Hay que tener en claro la distribución del personal para el manejo y el mantenimiento. El personal a cargo sólo puede trabajar en la máquina con la supervisión de una persona con experiencia.

4.4 Medidas fundamentales de seguridad para el servicio normal

- Solo operarios formados para ello y autorizados que conozcan las instrucciones de servicio y pueden aplicarlas, pueden manejar la máquina.
- Utilizar la maquina solo si los dispositivos de ajuste y sujeción funcionan perfectamente.
- Antes de poner en funcionamiento la tolva debe estar bien sujeta a la máquina.
- Debe haber suficiente iluminación en el lugar según las normas de protección laboral.
- El encargado de operación debe eliminar puntos peligrosos alrededor de la instalación de la máquina
- Previo a su conexión verificar que no haya peligro al poner el equipo en marcha.
- Todo personal debe comunicar defectos o averías que sean fuentes de peligro, sólo retomar cuando se haya eliminado los defectos.
- Una vez cada día verificar la existencia de defectos visibles en el exterior, así como los dispositivos de sujeción.
- No mirar dentro de la cámara de trituración al momento de funcionar la máquina, debido a posibles salpicaduras de material durante el proceso de triturado.
- No introducir manos durante el proceso, las cuchillas pueden capturar la manga y provocar lesiones en las extremidades.
- No introducir las manos por debajo de la cámara de trituración, las cuchillas pueden atrapar los dedos y cortarlos.
- Una vez introducido material para triturar no retirarlo por ningún motivo.
- No subirse a la mesa de soporte de la trituradora.

- Llevar siempre el equipo de protección adecuado cuando la máquina se encuentre funcionando.

4.5 Medidas de seguridad fundamentales para el mantenimiento y la reparación de la máquina

- Realizar el mantenimiento en los plazos indicados.
- El mantenimiento debe ser efectuado por personal calificado y autorizado por la institución.
- Llevar equipo de protección como se indica en la norma de protección laboral
- Previo al mantenimiento o reparación, desconectar la red de alimentación eléctrica, asegurarlo con candado y que el personal a cargo tenga la llave en todo momento.
- Previo al mantenimiento o reparación asegurar que la máquina se encuentre vacía por completo.
- Realizar las labores de mantenimiento y reparación en plataformas de servicio la cual cumpla con los reglamentos de seguridad industrial.
- Para el retiro o intercambio de piezas con gran peso utilizar dispositivos de elevación adecuados para el trabajo.
- Limpiar diariamente el desecho restante en el interior de la cámara de trituración retirándolo con chorros de agua para evitar daños por corrosión.
- Concluido el mantenimiento verificar el correcto funcionamiento y sujeción de todos los elementos de la máquina.

4.6 Medidas de seguridad en el equipo eléctrico

- Las reparaciones eléctricas deben efectuarse únicamente por electricistas capacitados en el trabajo.
- Inspeccionar si los equipos eléctricos están en correcto funcionamiento.
- En caso de cables deteriorados sustituirse inmediatamente.
- Al realizar limpieza del equipo, tener cuidado de que el agua no llegue a las instalaciones eléctricas.

4.7 Medidas contra incendios

- En caso de incendios desconectar la fuente de alimentación eléctrica antes de comenzar a extinguir el fuego
- Cumplir las normas locales contra incendios.
- Tener siempre cerca extintores apropiados.
- Tener siempre en cuenta que tan inflamable son los aceites para engrasar los engranes.

4.8 Evacuación de basura

- Los materiales que sean tóxicos para el agua, como aceites, grasas o líquidos para limpieza no deben contaminar la tierra. Deben ser recogidos para su tratamiento y transporte.

5. Transporte

5.1 Normas de Seguridad

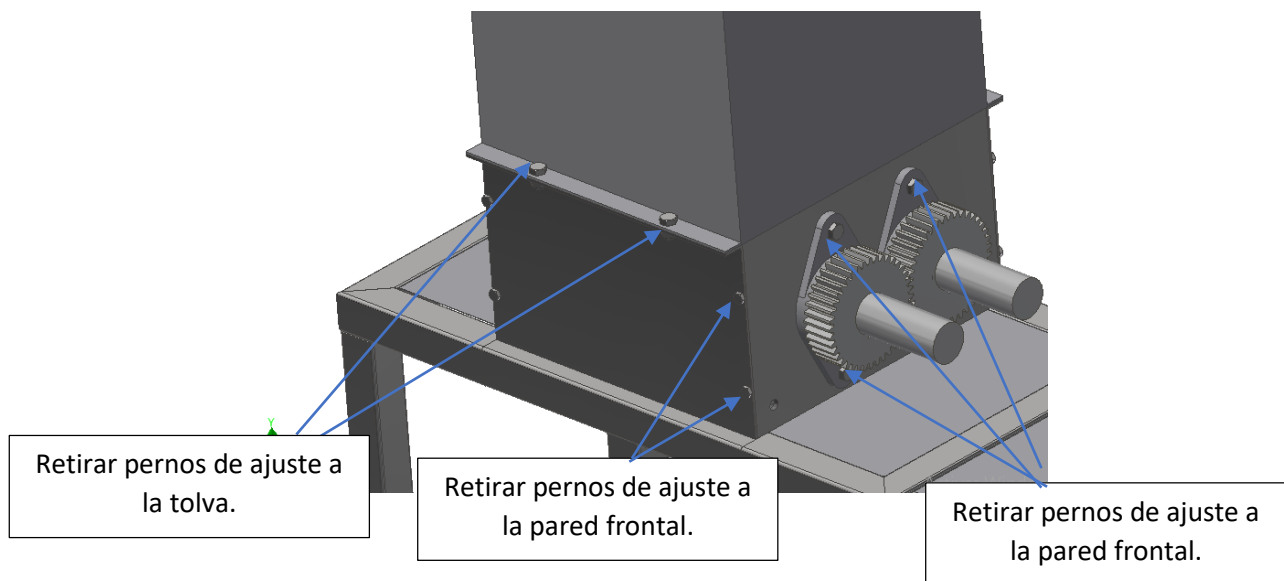
Para evitar daños a la máquina y lesiones durante la transportación del equipo:

- Transporte de la máquina debe ser realizado por personal autorizado por la empresa.
- Todo dispositivo de carga debe corresponder a las disposiciones de reglamentos de prevención de accidentes.

- Tener en claro el peso de la máquina para seleccionar el equipo adecuado de carga.
- Señalar los trayectos de transporte para que ninguna persona que no esté autorizada por la institución pueda entrar en zona de transporte.
- Se recomienda que la máquina esté asegurada con cinturones para evitar su desplazamiento durante su transporte en el vehículo de carga.

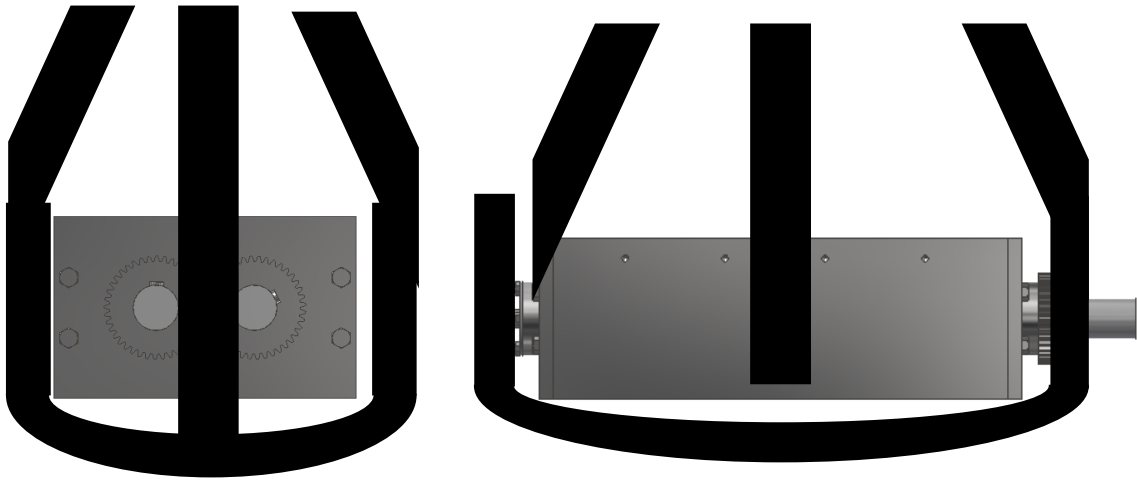
5.2 Modo de transporte

Se recomienda realizar un desmontaje completo de la máquina al momento de transportarse a diferentes lugares, esto con el fin de evitar caídas que dañen la salud del personal o provoque la avería de la máquina.



Nota: Retirar la tolva primero antes de transportar el equipo

En caso de transportar todo el conjunto sin desamblar se recomienda amarrar el equipo en ambos lados

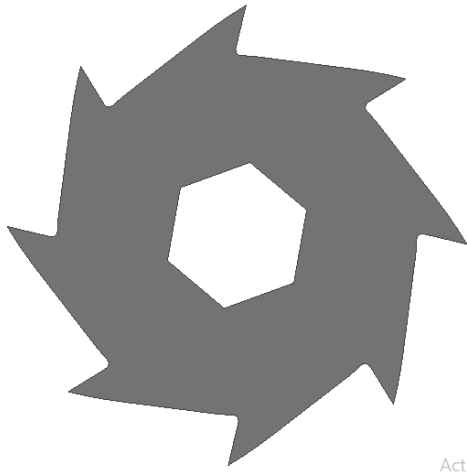


5.3Peso

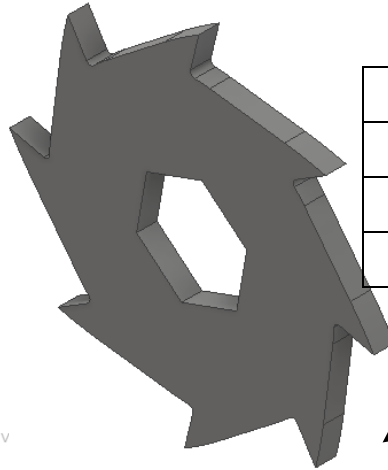
	Valor	Unidades
Tolva	62.60	Kg
Paredes	130.00	Kg
Engranés	6.45	Kg
Ejes	43.00	Kg
Cuchillas	71.30	Kg

6. Componentes de trituradora

6.1 Cuchillas de corte



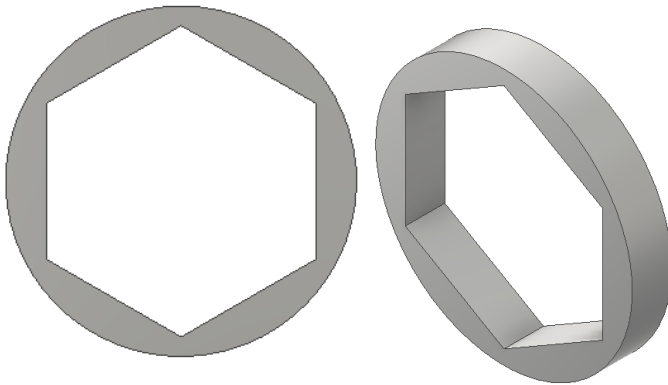
Activ



Material	Acero DF2
Diámetro	179.21 mm
Mecanizado	Fresado
Cantidad	36

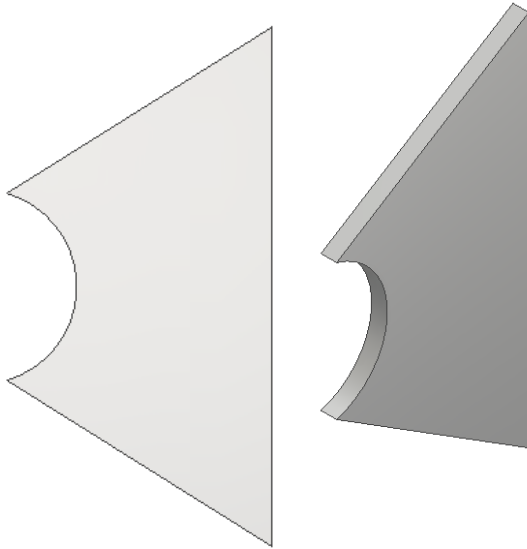
Bordes afilados.

6.2 Arandela separadora



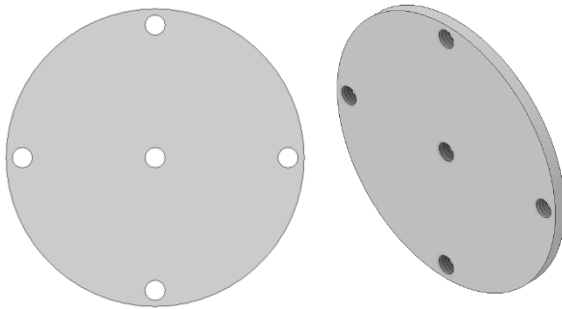
Material	Acero inoxidable 304
Material alternativo	Acero negro con recubrimiento de galvanizado de zinc
Diámetro exterior	65 mm
Diámetro de círculo circunscrito	50 mm
Mecanizado	Fresado y torneado
Cantidad	36

6.3 Separador de cuchilla



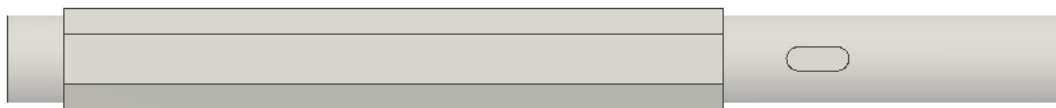
Material	Acero inoxidable 304
Material alternativo	Acero negro con recubrimiento de galvanizado de zinc
Altura	240 mm
Ancho	122.3 mm
Mecanizado	Fresado
Cantidad	36

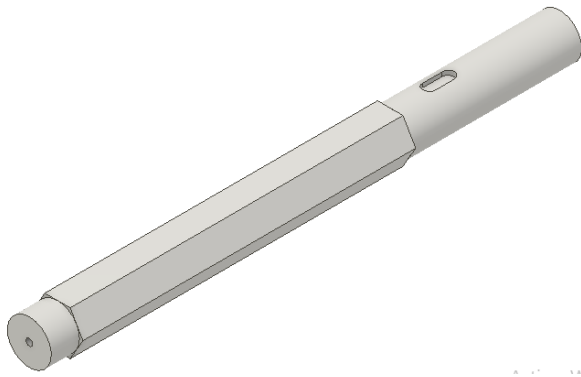
6.4 Arandela extremo de eje



Material	Acero negro
Diámetro	115 mm
Ancho	5 mm
Mecanizado	Torneado y taladrado
Cantidad	2

6.5 Eje





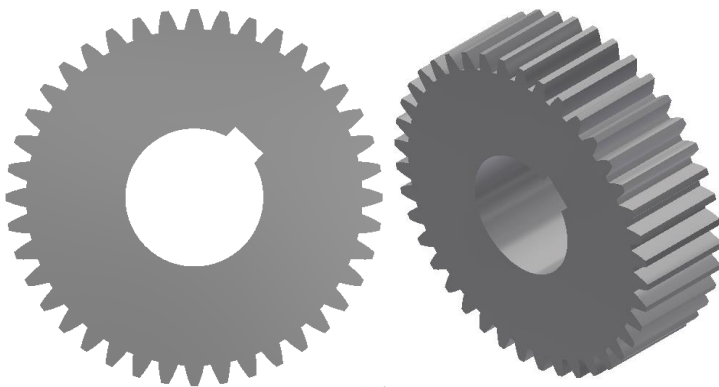
Material	Acero 705
Observaciones	Recubrimiento de galvanizado de zinc.
Largo	602.5 mm
Mecanizado	Torneado y Fresado
Cantidad	2

6.6 Chumacera de pared de 2 orificios



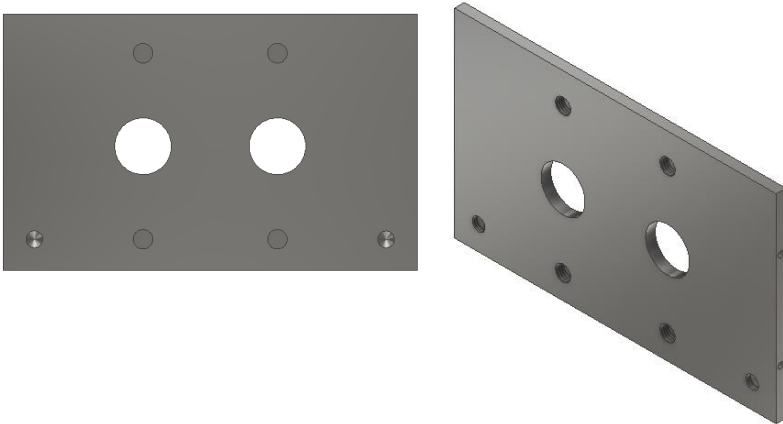
Chumacera de pared de 2 orificios	
Perno	M16 (W5/8) o indicados arriba
Rodamiento	UCFL 210
Soporte	FL 210
Peso	2.25 Kg
Cantidad	4

6.7 Engranaje recto



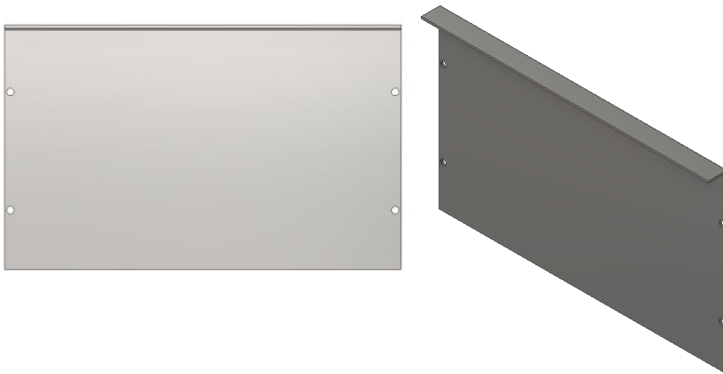
Material	Acero cementado
Diámetro efectivo	130 mm
Agujero	50 mm
Número de dientes	40
Ancho	40 mm
Mecanizado	Torneado y fresado
Cantidad	2

6.8 Caja de triturado Lateral



Material	Acero negro
Ancho	400.194 mm
Alto	248 mm
Espesor	12 mm
Mecanizado	Fresado y taladrado
Cantidad	2

6.9 Caja de triturado frontal



Material	Acero negro
Ancho	402.5 mm
Alto	248 mm
Espesor	3 mm
Mecanizado	Fresado
Cantidad	2

7. Montaje

7.1 Normas de seguridad

- El montaje debe ser realizado por personal calificado y autorizado por la institución.
- No exponer la trituradora a la lluvia para evitar posibles problemas con el motor y cables de conexión.
- Se recomienda que la máquina se encuentre en una superficie plana. En caso de existir poca resistencia en el suelo, colocar un fundamento de hormigón.
- Se recomienda que la instalación del equipo se realice en un lugar donde haya entrada de aire fresco y permita la salida de aire caliente.



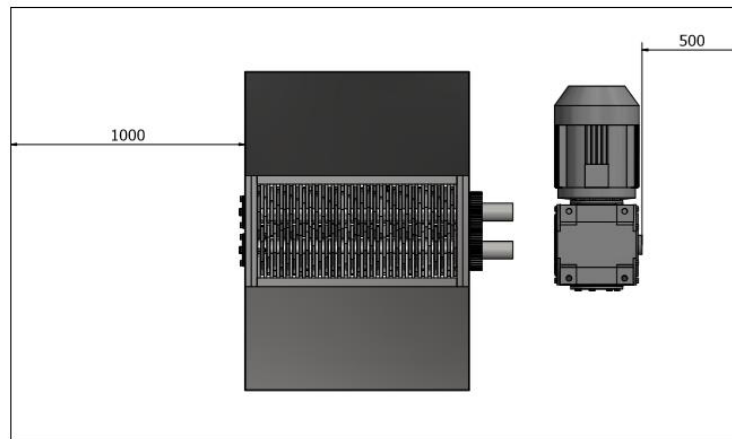
Peligro

El personal a cargo debe asegurar la instalación de una protección que impida introducir las manos dentro de la cámara de triturado.

7.2 Zona libre mantenimiento

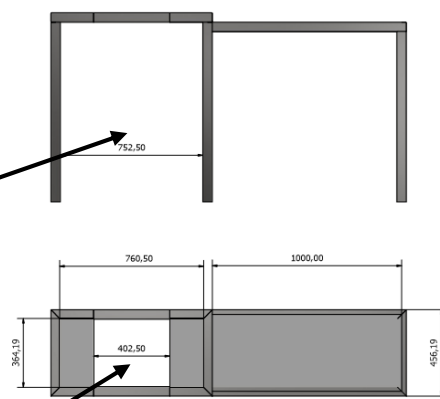
Se debe tener en cuenta una zona libre alrededor de la máquina para permitir su mantenimiento

Lado de carga



7.3 Mesa de apoyo

Espaciado de 75 cm para recolección de material por banda transportadora.



Altura de 1 metro para entrada de la banda transportadora del material triturado.

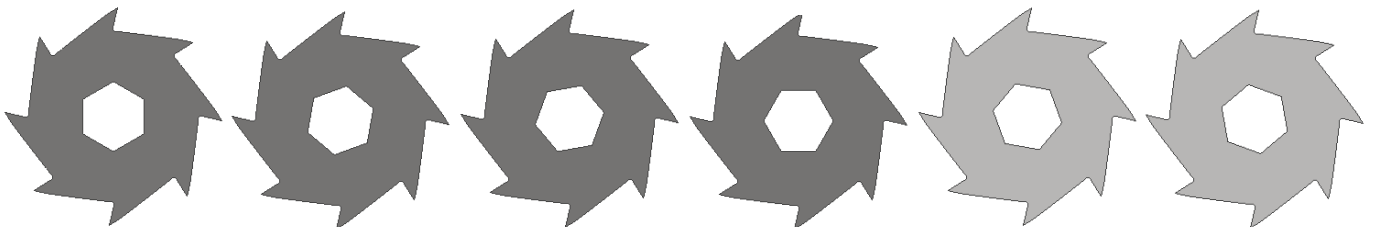
Mesa de soporte con agujero de 402.50 mm * 364.19 mm para salida de material triturado.

Especificaciones	
Material	Acero estructural ASTM A36
Dimensiones	Perfil Cuadrado 50*50*1.5 mm ³
	Plancha de 2mm de espesor
Unión	Soldadura

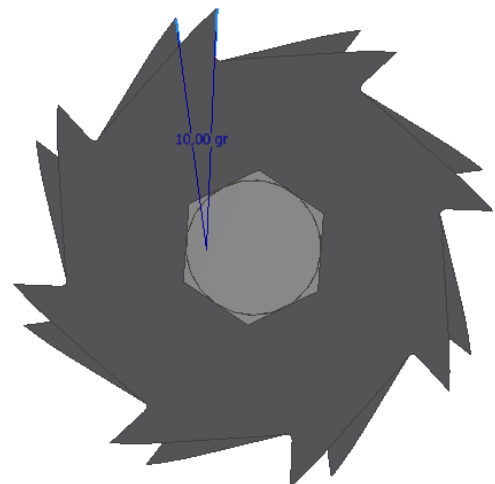
Soldadura posibles	
ARCO MANUAL (Recomendada)	Electrodos: 6012, 6013, 7014, 7018. 7024
MIG-MAG-TIG	ER-70S-2,3,6
FCAW	E-70-T-X, E-71-T-X

7.4 Ensamble

Existen 6 cuchillas con orificio de diferente ángulo de inclinación.



Antes de colocar las cuchillas en el eje, ordenarlas una tras otra de tal manera que se encuentren escalonadas una atrás de otra en un ángulo de 10 a 15 grados con respecto a la vertical.

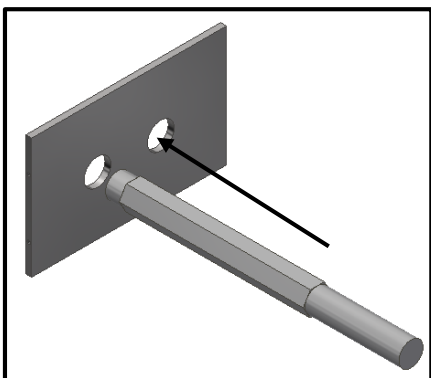




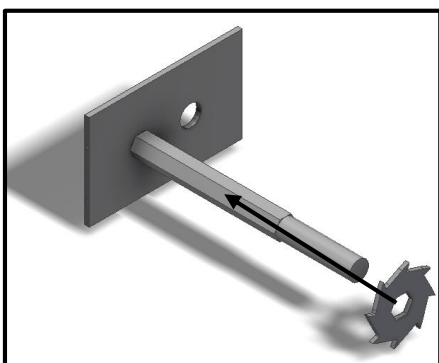
Se debe respetar el orden de las cuchillas, hacer caso omiso del orden provocará un mal funcionamiento de la máquina.

Importante

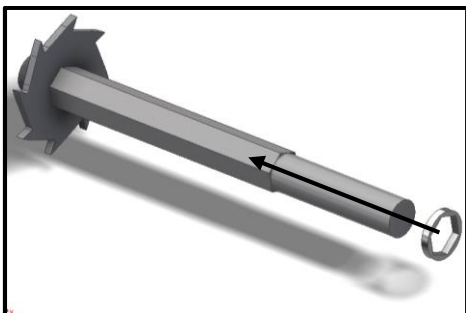
Colocar todas las cuchillas sobre una mesa para tener el ángulo correcto entre cada cuchilla y en ese mismo orden colocarlo en el eje.



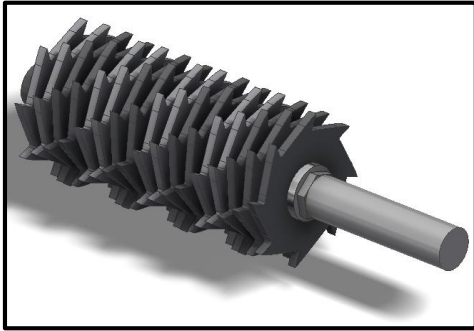
Colocar el eje en el orificio izquierdo de pared introduciendo la sección circular más corta.



Colocar la cuchilla hasta el fondo del eje, rozando la pared de la cámara de trituración.



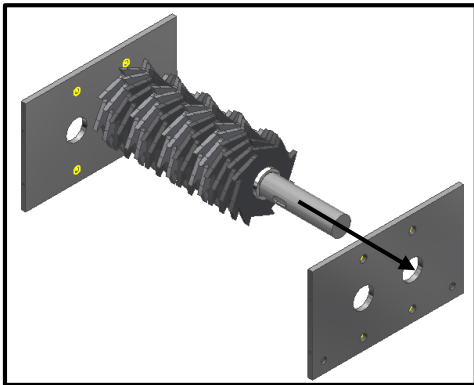
Colocar seguidamente la arandela separadora.



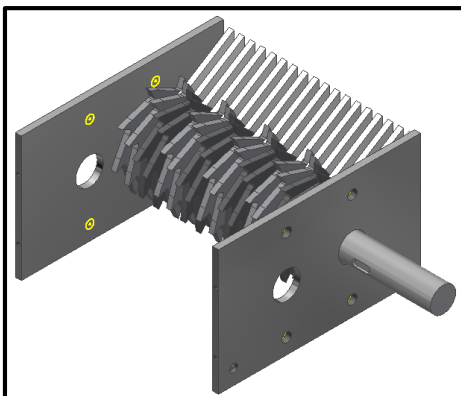
Repetir el proceso hasta cubrir toda la sección hexagonal del eje, respetando el orden de las cuchillas presentadas anteriormente.



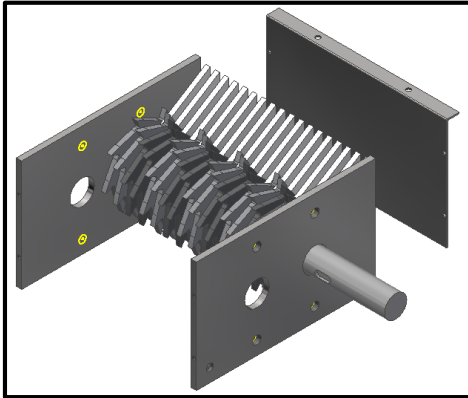
En caso de empezar con una cuchilla se debe terminar con una arandela separadora y viceversa. Lo mismo aplica para el otro eje.



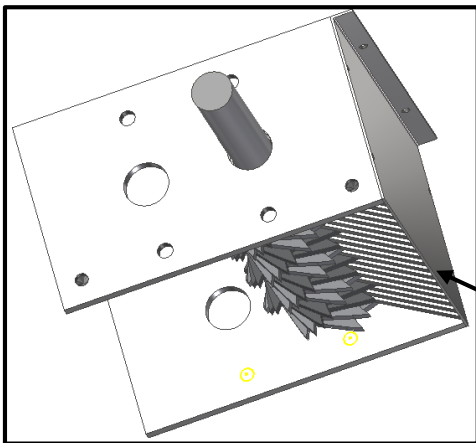
Colocar para ambos ejes con sus cuchillas y arandelas separadoras la pared frontal de la cámara de trituración hasta el roce ya sea de la cuchilla o de la arandela dependiendo de con cuál elemento se comenzó.



A medida que se colocan las cuchillas colocar los separadores de cuchillas entre los espacios de las cuchillas.



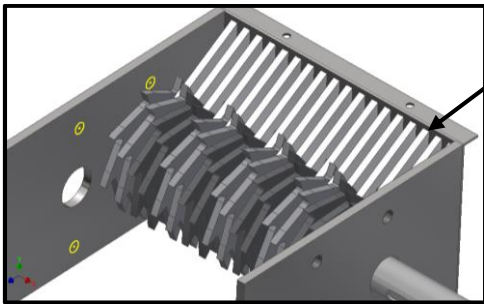
Colocar la pared lateral de la cámara de trituración y soldar en la zona inferior de los separadores de cuchilla.



La altura en la que se encuentran los separadores es en el borde inferior de la pared lateral, es decir, el borde inferior de los separadores de cuchilla está alineado con el borde inferior de la pared lateral

Los bordes se inferiores se alinean con el borde de la caja de trituración.

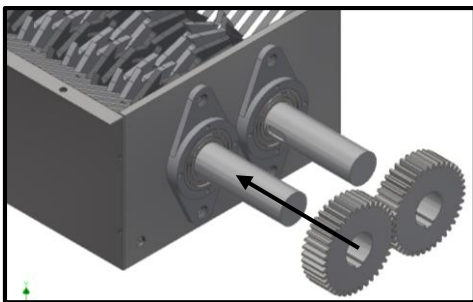
Bordes superiores soldado.



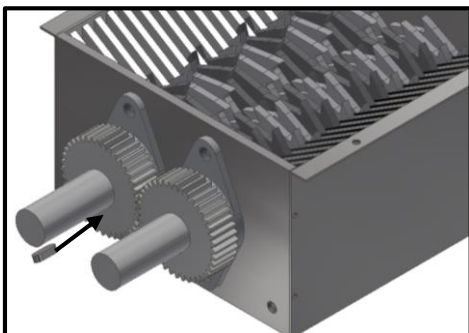
Una vez colocados los separadores y alineado con el borde inferior se procede a soldar en la parte superior de los separadores para mantener fijo a la pared lateral de la cámara de triturado. Se realiza el mismo procedimiento para la otra pared lateral.



Colocar las chumaceras junto con sus respectivos rodamientos en cada eje, tanto en la pared frontal como la posterior.



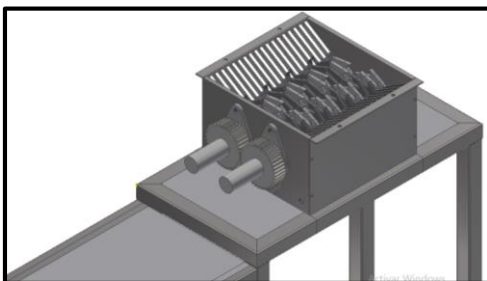
Colocar los engranes encajados perfectamente hasta el borde de la chumacera.



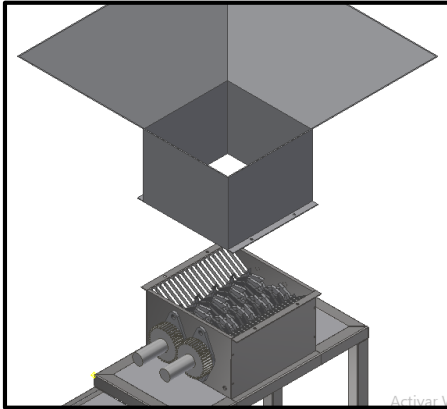
Insertar las chavetas en sus respectivas chaveteras.

Chaveta: DIN 6885-1 A

14 x 9-36



Colocar la máquina en la mesa alineado la cámara de trituración con el orificio de salida del material triturado.



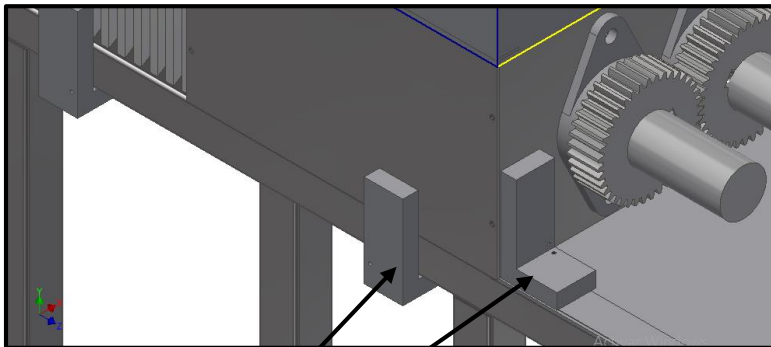
Colocar la tolva alineada con la chapa de la pared lateral de la cámara de triturado.

7.5 Sujeción



Peligro

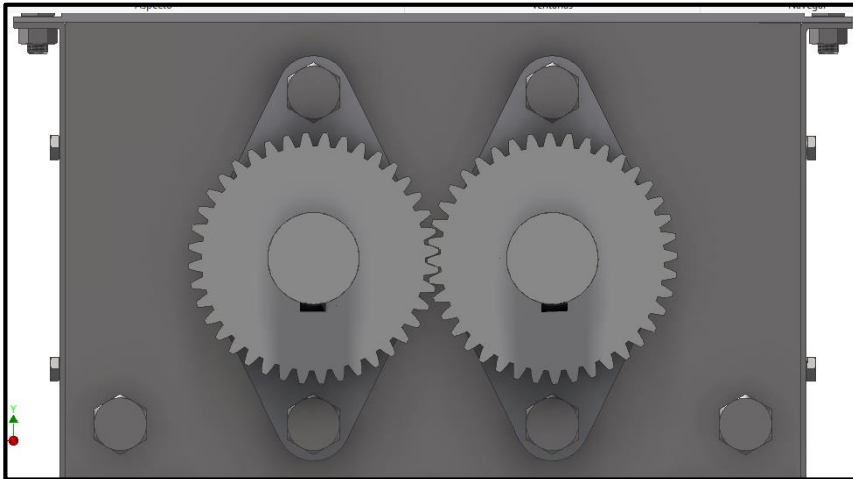
Sólo puede ponerse en marcha la máquina si se dispone de la tolva y la bancada adecuada, con los respectivos dispositivos de fijación.



Sujeción por ángulos a la bancada, frontal y lateralmente

Ángulos de fijación

Pernos Cabeza Hexagonal		
Material	Medidas (pulg)	Paso
Hierro G-2	$\frac{3}{4} * \frac{3}{4}$	UNC
Acero G-5	$\frac{3}{4} * \frac{3}{4}$	UNC
Pernos Allen		
	$\frac{3}{4} * \frac{3}{4}$	UNC
Pernos cabeza cuadrada		
Acero G-12	$\frac{3}{4} * \frac{3}{4}$	UNC
Pernos cabeza de coco		
Hierro G-2	$\frac{3}{4} * \frac{3}{4}$	UNC



Galv.	$\frac{3}{4} * \frac{3}{4}$	UNC
-------	-----------------------------	-----

Pernos Cabeza Hexagonal		
-------------------------	--	--

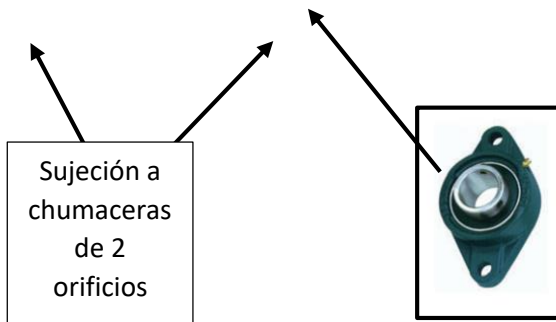
Material	Medidas (pulg)	Paso
Hierro G-2	$7/8 * \frac{3}{4}$	UNC
Acero G-5	$7/8 * \frac{3}{4}$	UNC

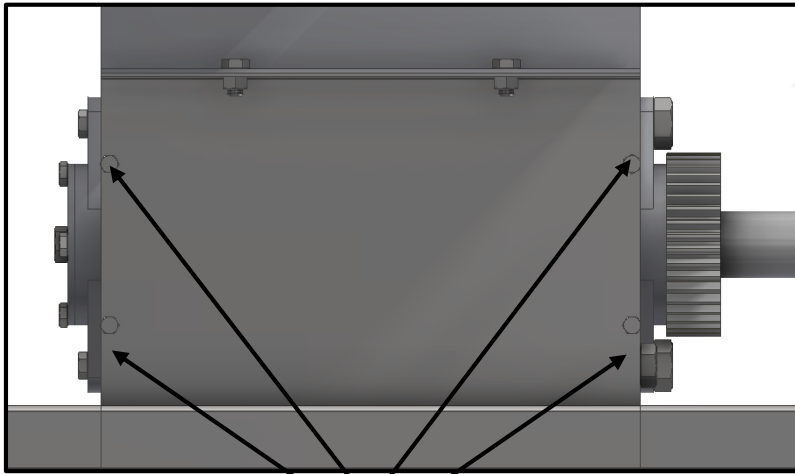
Pernos Allen		
--------------	--	--

	$7/8 * \frac{3}{4}$	UNC
--	---------------------	-----

Chumacera de pared de 2 orificios	
-----------------------------------	--

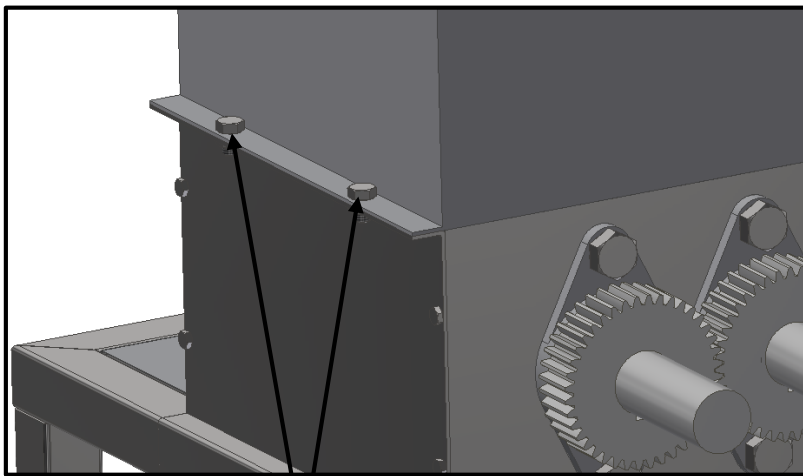
Perno	M16 (W5/8) o indicados arriba
Rodamiento	UCFL 210
Soporte	FL 210
Peso	2.25 Kg





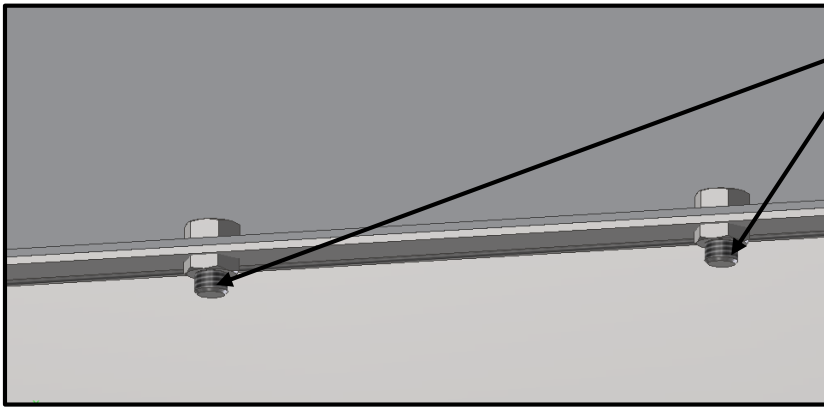
Sujeción entre paredes frontal y lateral.

Pernos Cabeza Hexagonal		
Material	Medidas (pulg)	Paso
Hierro G-2	5/16 * 1	UNC
Acero G-5	5/16 * 1	UNC
Pernos Cabeza cuadrada		
Acero G-12	5/16 * 1	UNC
Pernos cabeza de coco		
Acero G-2	5/16 * 1	UNC
Hierro Galv.	5/16 * 1	UNC

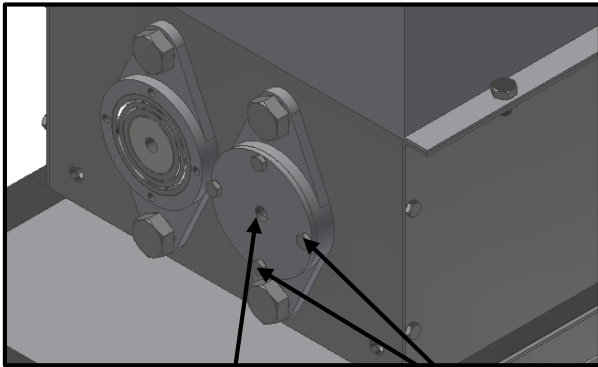


Sujeción entre Tolva y pared lateral.

Pernos Cabeza Hexagonal		
Material	Medidas (pulg)	Paso
Hierro G-2	1/2 * 3/4	UNC
Acero G-5	1/2 * 3/4	UNC
Pernos Cabeza cuadrada		
Acero G-12	1/2 * 3/4	UNC
Pernos cabeza de coco		
Acero G-2	1/2 * 3/4	UNC
Hierro Galv.	1/2 * 3/4	UNC



Tuercas de sujeción para tolva.



Sujeción extremo de arandela con eje

Sujeción extremo de arandela con chumacera

Tuerca Hexagonal		
Material	Medidas (pulg)	Paso
Hierro G-2	½	UNC
Acero G-5	½	UNC

Tuerca mariposa inox.			
Material	Medidas (pulg)	Medidas castillo	Paso
Pernos-Gabeza Hexagonal	1/2		UNC
Hierro G-2	5/16 * 1/2	½	UNC
Acero G-5	5/16 * 1/2		UNC
Pernos Cabeza cuadrada			
Acero G-12	5/16 * 1/2		UNC
Pernos cabeza de coco			
Acero G-2	5/16 * 1/2		UNC
Hierro Galv.	5/16 * 1/2		UNC

8. Funcionamiento

8.1 Normas de seguridad

Realizar las siguientes comprobaciones previas al funcionamiento:

Correcto funcionamiento de las instalaciones para la seguridad.

Dispositivos de sujeción colocados correctamente y en buen estado.

Verificar si se realizó el engrase de los componentes.

La tolva debe ser llenada hasta un 70% de su capacidad para evitar daños en la misma y deterioro en la máquina.

8.2 Materiales no aptos a ser triturados por la máquina

Sólo se puede triturar materiales conforme a lo anteriormente dicho, no se asegura el bienestar de la máquina si se introduce los siguientes materiales a triturar:

- Metales
- Rocas
- Objetos viscosos
- Materiales explosivos
- Materiales altamente corrosivos

8.3 Ayuda en caso de

En caso de presentarse inconvenientes en el equipo informar rápidamente a los superiores, no intentar solucionar averías por cuenta propia hasta dar aviso a la institución.



Peligro

Solucionar averías por cuenta propia sin aviso de la institución puede causar daños a la integridad física del personal.

Avería	Causa	Solución
No es posible encender la máquina	Desconexión eléctrica del motor	Revisar estado de los cables, cambio de cables o verificar conexión.
	Modo de Mantenimiento en proceso	Terminar mantenimiento
	Desajuste de elementos de acople	Revisar los pernos de ajuste del equipo
Motor Zumba	Fase se encuentra sin corriente o sobre carga	Revisar fusibles y protectores
Aumento de temperatura en el motor	Desbalance o diferencia de tensión exceden el 1%	Controlar alimentación de energía
Motor no gira	Embobinado se encuentra roto o quemado	Cambiar embobinado y revisar protecciones
	Terminal de conexión de cable defectuoso	Ajustar conexiones entre cables y soldaduras entre los mismos
	Mala alimentación del motor	Revisar alimentación del motor

	Bloqueo del eje por daños en rodamientos	Cambio de rodamientos
Reductor no funciona	Ruptura de un engrane	Revisión completa del reductor y reemplazo del engranaje dañado o del equipo completo
Cámara de trituración se atasca	Exceso de material en la cámara de trituración	Regular la entrada de material
	Material extraño, no apto para la trituradora en la cámara	Retirar material extraño y controlar la entrada de material
	Desgaste en el mecanismo cortador	Afilan o cambian cuchillas de corte
Material no es triturado adecuadamente	Material muy pequeño para las cuchillas	Cambiar reductor para aumentar velocidad
	Desgaste en el mecanismo cortador	Afilan o cambian cuchillas de corte
Ruidos anormales en la cámara de trituración	Material extraño, no apto para la trituradora en la cámara	Retirar material extraño y controlar la entrada de material
Erosión eléctrica en los rodamientos	Corriente pasa de un aro a otro a través de los elementos que ruedan	Cambiar por rodamientos con aislamiento SKF: Rodamiento INSOCOAT o Rodamiento híbridos

Daños en los rodamientos por cargas externas	Daño causado por vibración al transportar	Desarmar la máquina totalmente para transportarla.
		Asegure el eje axialmente en caso de transportar sin desarmarla.
	Uso de martillos para el acoplamiento del rodamiento ocasionando sobrecarga	Utilizar instrumentos de precisión como alineamiento de ejes y analizar la vibración y utilizar las herramientas apropiadas para el montaje de rodamientos.

9. Mantenimiento

El regular mantenimiento de la máquina es de vital importancia para asegurar el correcto funcionamiento sin avería alguna. Las piezas que se encuentren dañadas deben ser cambiadas de forma inmediata.

9.1 Normas de seguridad

- Desconectar la alimentación de la máquina antes de realizar todo trabajo de mantenimiento.

- Las piezas nuevas a intercambiar deben ser del mismo diseño o acorde a la necesidad. Caso contrario no se asegura el correcto funcionamiento de la máquina.
- Tratar los materiales de engrase (aceites, lubricantes, grasas) correctamente en base a lo estipulado en la ley de protección del ambiente.
- Los trabajos de mantenimiento y reparación deben ser realizados por el personal calificado y autorizado por la empresa.

9.2 Plan de mantenimiento

Intervalo de mantenimiento	Trabajos a realizar
Diariamente	Comprobar trituración del desecho visualmente.
Diariamente	Revisar daños en el exterior de la máquina
Diariamente	Revisar dispositivos de sujeción
Diariamente	Comprobar que los engranes se encuentren engrasados
Diariamente	Verificar deterioro del equipo
Diariamente	Limpiar cámara de trituración a chorro de agua al final de cada jornada
Cada 1 o 2 semanas	Engrasar engranes y rodamientos
Cada 1 o 2 semanas	Verificar visualmente estado de los rodamientos
Semestralmente	Comprobar desgaste superficial en los engranes
Semestralmente	Comprobar las uniones por cordones de soldadura y pernos

Semestralmente	Verificar corrosión en las paredes de la cámara de trituración y separadores de cuchillas
Anual	Verificar filo de cuchilla
Cada 2 a 5 años	Afilar cuchillas

9.3 Aceitar engranajes

Es importante que se verifique el engrase de los engranes previo al funcionamiento de la máquina. Al inicio de cada jornada realizar inspección visual de los engranajes.

Debido a la exposición al ambiente es necesario colocar una capa de aceite con frecuencia de 1 a 2 semanas.

Forma de aceitar los engranes

1. Desacoplar el acople del reductor con el eje de trabajo
2. Retirar los engranes del eje
3. Verter aceite en los espacios de cada diente del engrane.

Aceites posibles a usar:

DIN 51502	CLP 220 (Aceite mineral)	CLP HC 220 (Aceite sintético)
	-5°C hasta +80°C	-20°C hasta +90°C
	Alpha SP220	Alphasyn T220
	Energol GR-XP220	Enersyn HTX220
	Omala Oil F220	Omala Oil HD220
Mobil	Mobilgear 630	Mobilgear SHC220
	Degol BG220 Plus	Degol GS220
	Spartan EP220	Umlauföl S220
	Blasia220	-----

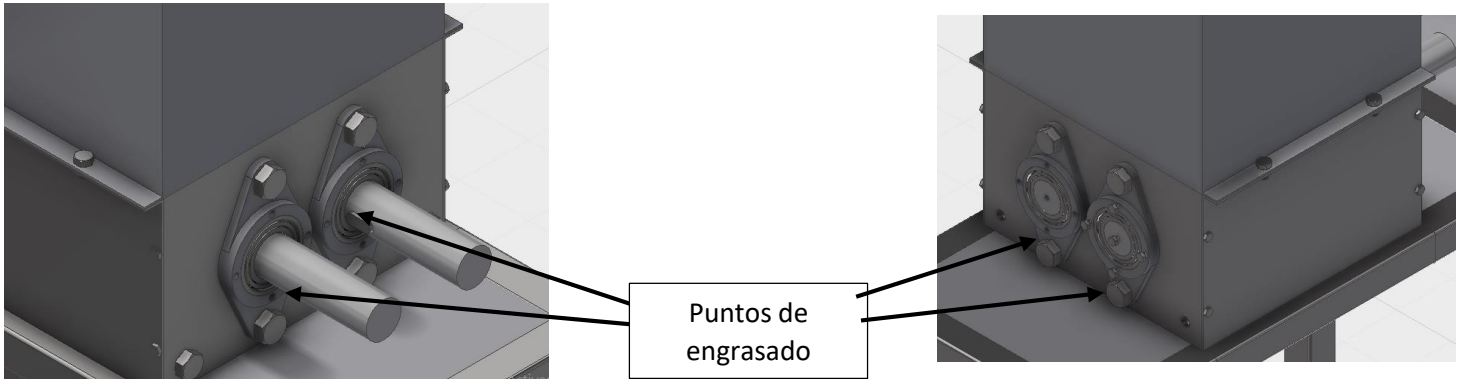


Peligro

No mezclar diferentes aceites, en caso de usar otro tipo de aceite lavar correctamente el engrane para que no queden residuos. Tener cuidado de no regar el aceite en el suelo, puede causar accidentes y daños a la salud del personal.

9.4 Engrase de rodamientos

Número	Puntos de engrase	Frecuencia	Cantidad de grasa por punto
4	Contacto con árbol e interior de rodamiento	Cada 2 semanas	18 gramos aproximadamente
Grasa	Grasa LGHB2 SKF u otros a fines		



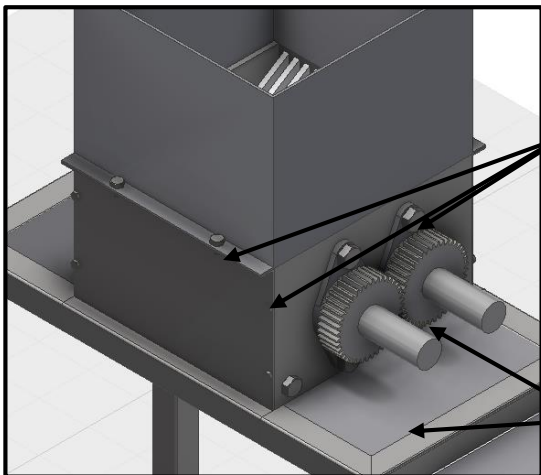
10. Mantenimiento y reparaciones

10.1 Reglamentos para la seguridad

- Antes de comenzar cualquier trabajo de mantenimiento y/o reparación desconectar la alimentación eléctrica de la trituradora
- Respetar el orden y fechas de mantenimiento descritos anteriormente
- Utilizar EPP durante las labores de mantenimiento y reparación
- Para cambio de piezas sólo es posible usar piezas originales hechas para el diseño

- Todo trabajo de mantenimiento y/o reparación debe realizarse únicamente por personal autorizado por la empresa bajo las instrucciones para trabajos de mantenimiento y prevención de accidentes.
- Trabajo eléctrico debe realizarse por electricistas capacitados en el área

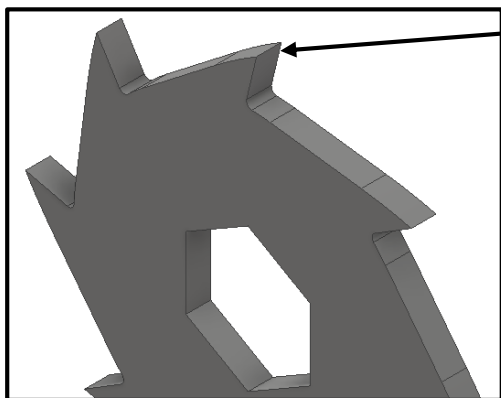
10.2 Afilamiento de cuchillas



Retirar todos los pernos de ajuste de la cámara de trituración y retirar la tolva y las paredes.

Retirar engranes y ejes y sacar una a una las

cuchillas para su inspección y afilamiento.



Afilamiento de cuchillas se realizará cada vez que el borde de los dientes se encuentre sin filo (redondeado). Al momento de realizar afilamiento se realizará galvanizado para evitar corrosión.

Acción	Costo unitario	Unidades	Total
Afilar cuchillas	10.00	36	360
Galvanizado			

10.3 Cambio de engranajes

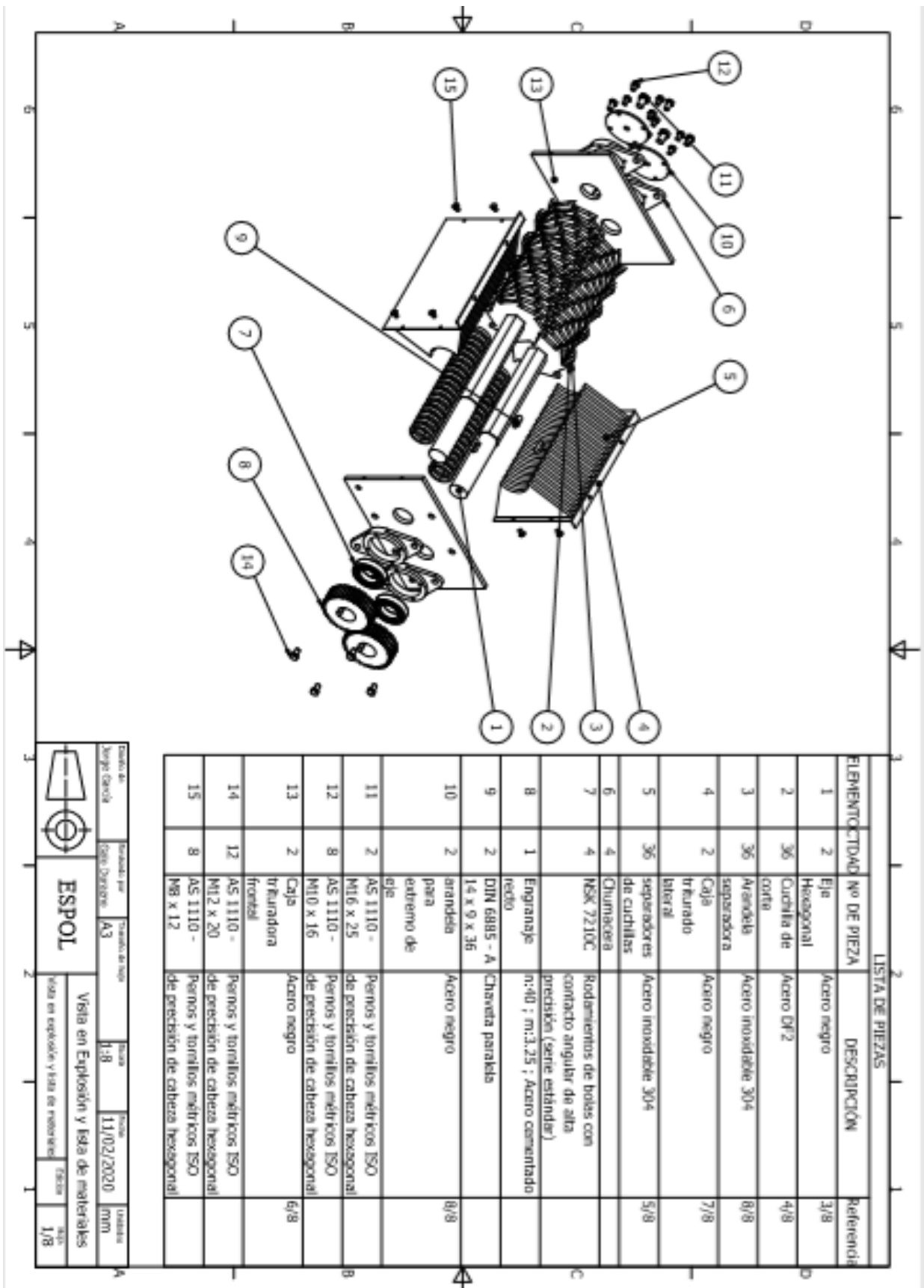


Fallos o desgaste en los engranes deben ser reemplazados inmediatamente por el mismo diseño y material el cual fueron diseñados.

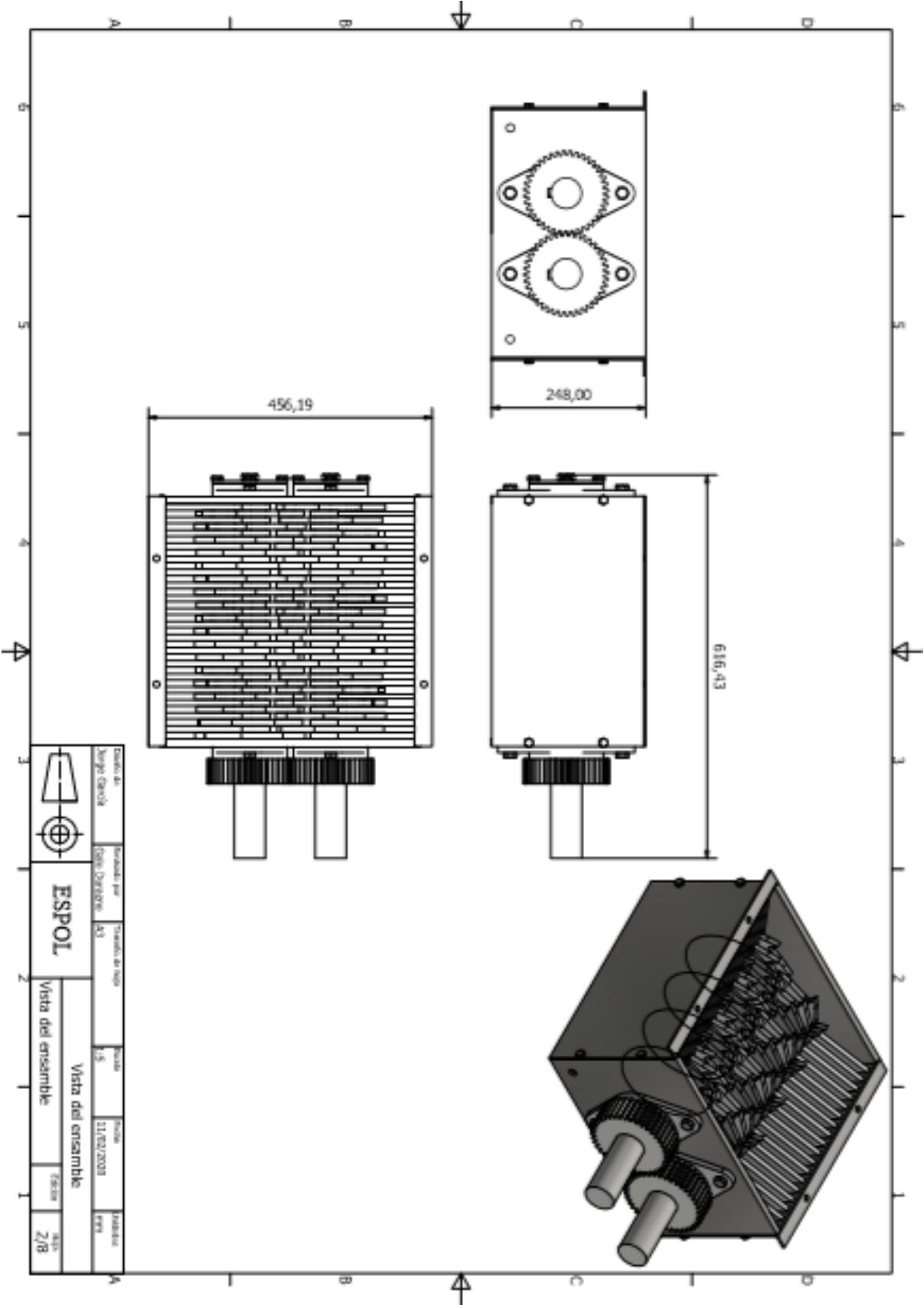
Acción	Costo unitario	Unidades	Total
Reemplazo de engrane	210	2	420

APÉNDICE 3: Planos de diseño

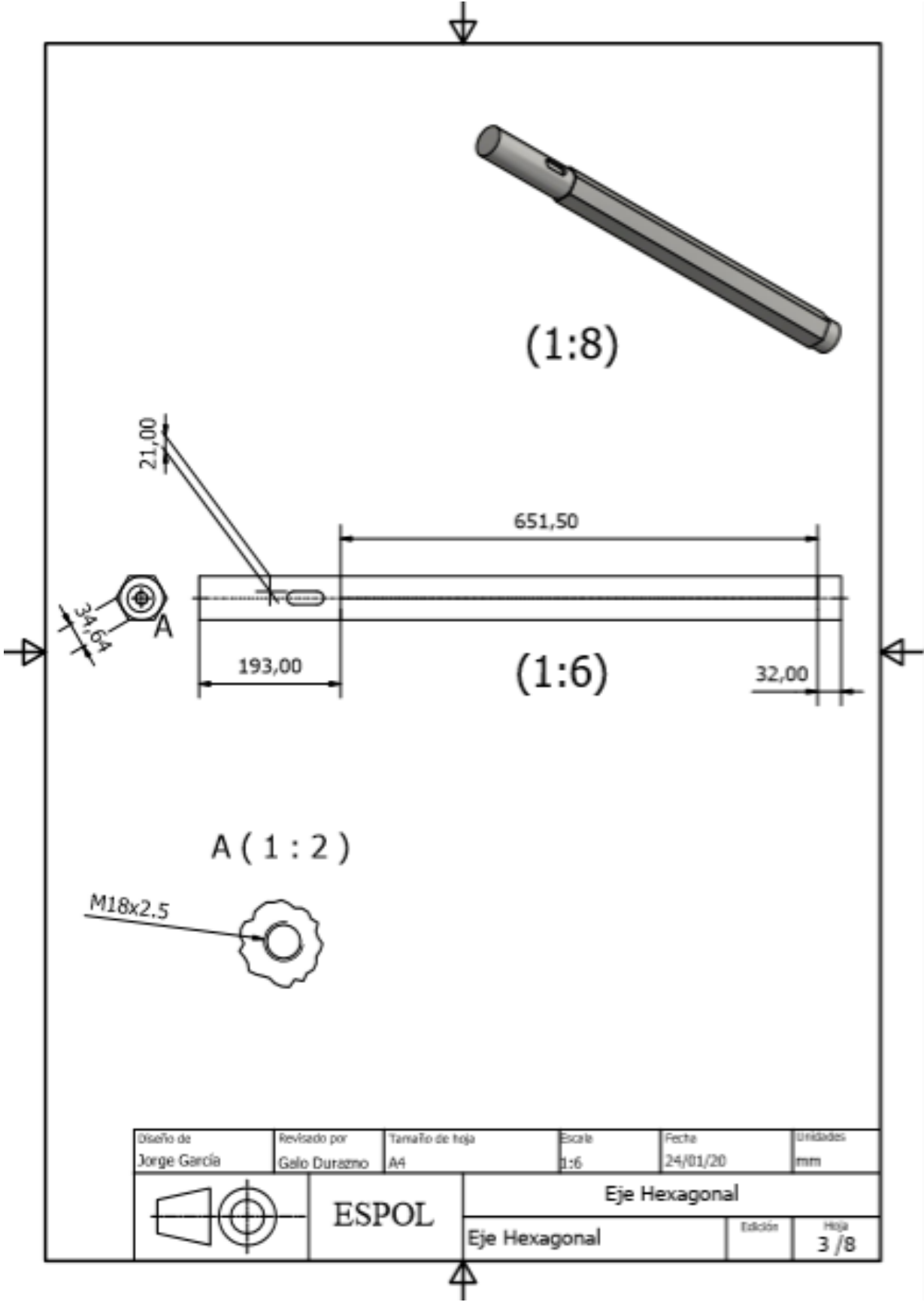
PLANO 1 Vista en explosión y lista de piezas



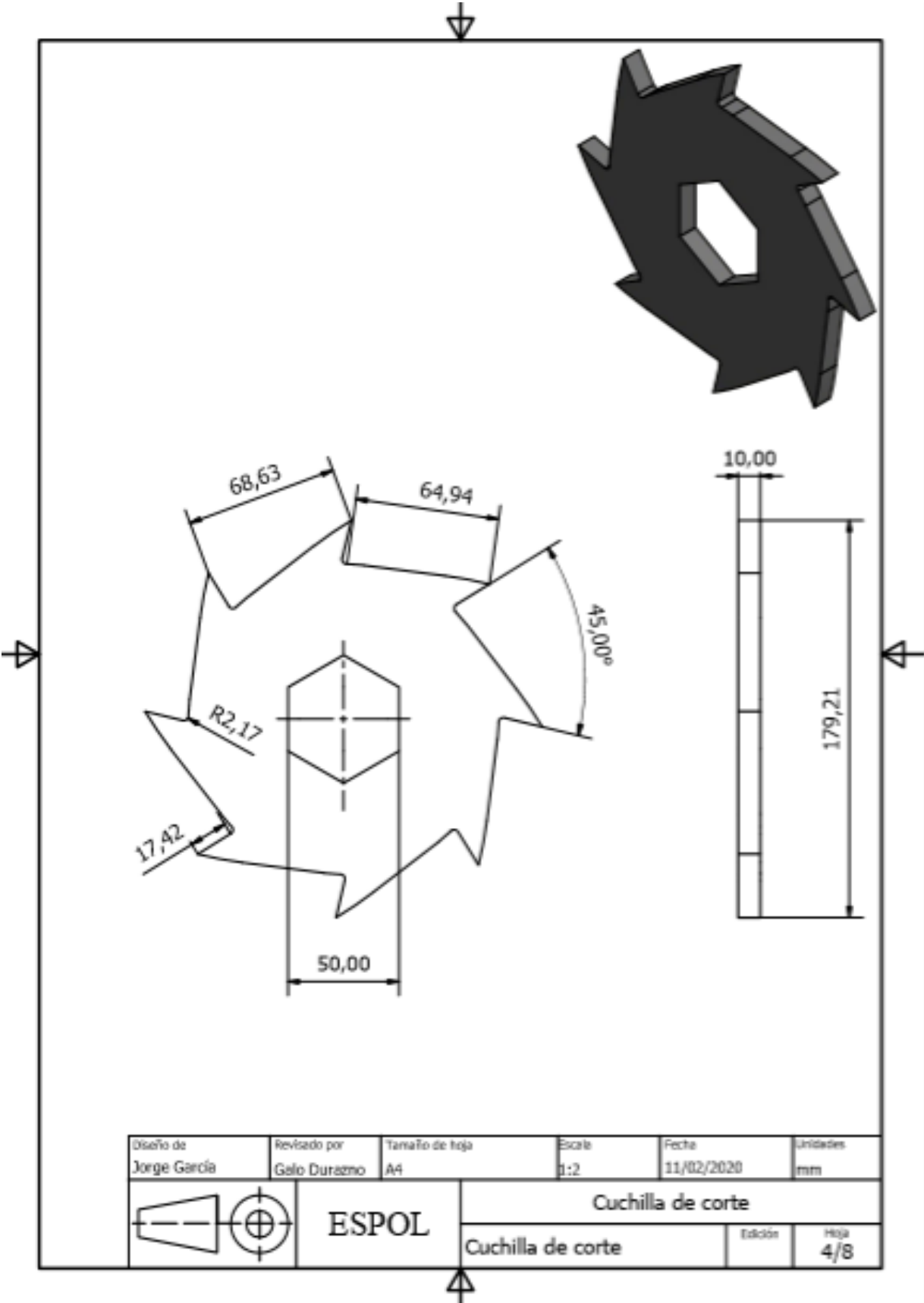
PLANO 2 Vista del ensamble




PLANO 3 Eje Hexagonal

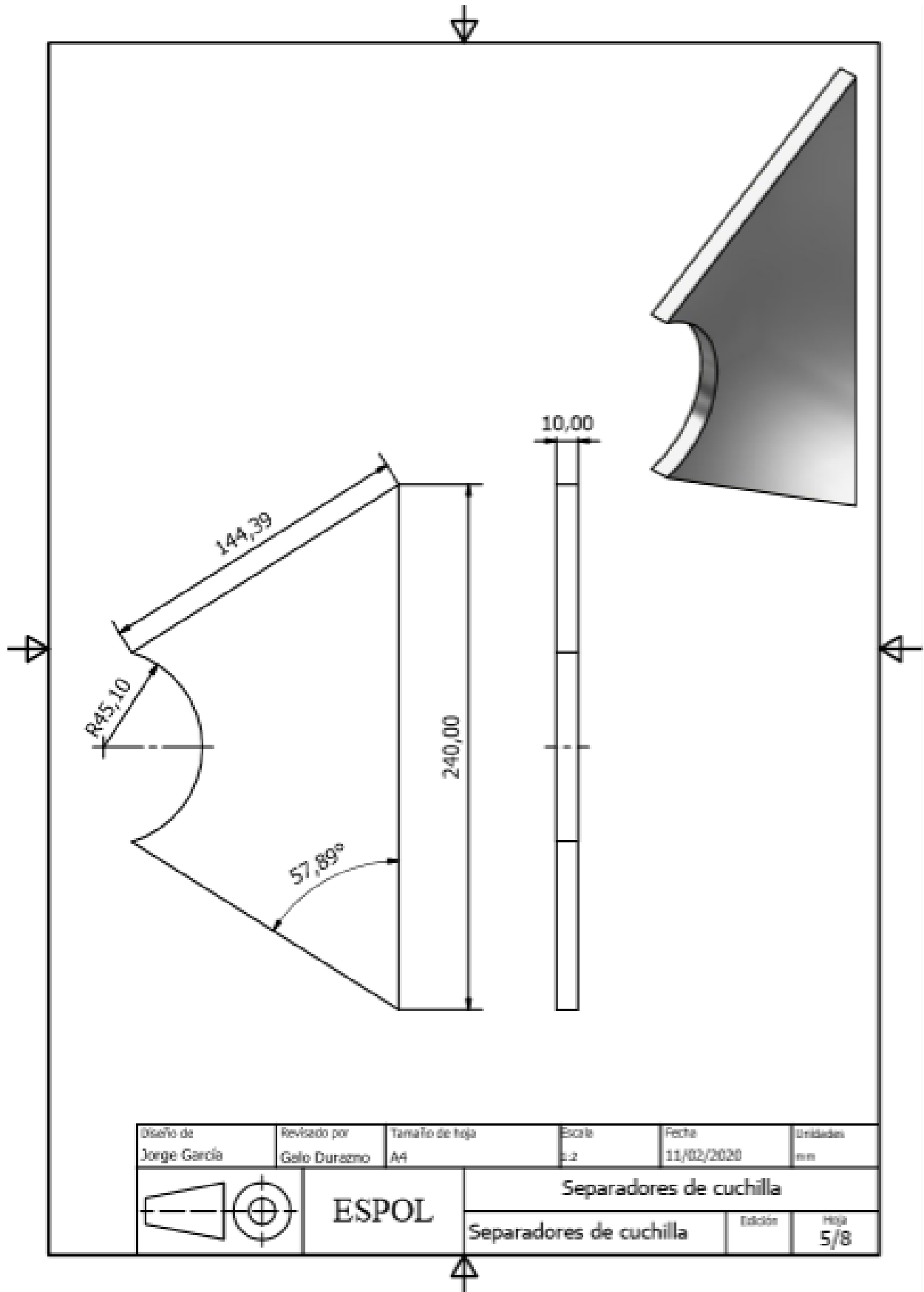


PLANO 4 Cuchilla de corte



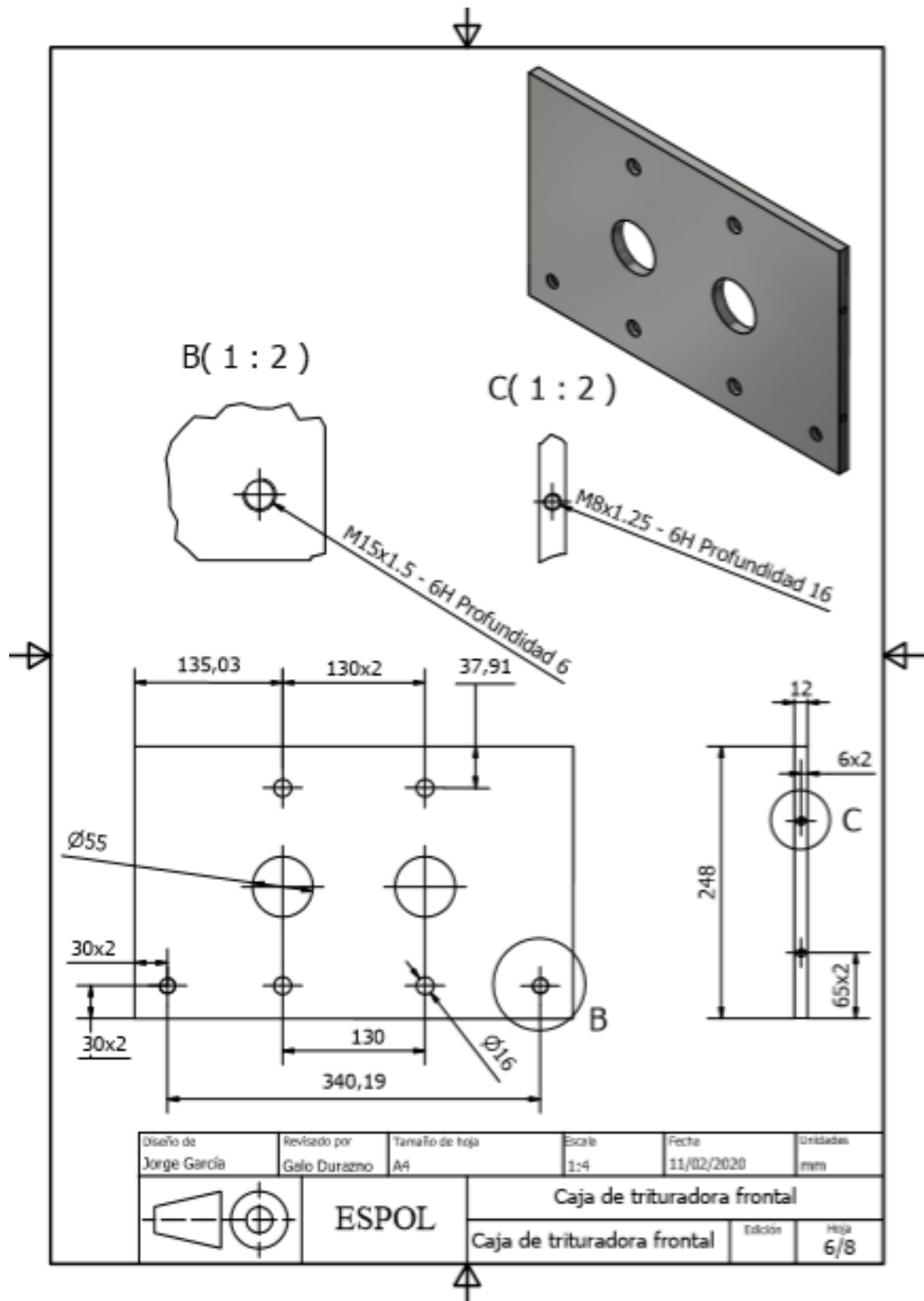
Diseño de Jorge García	Revisado por Galo Durazno	Tamaño de hoja A4	Escala 1:2	Fecha 11/02/2020	Unidades mm
		Cuchilla de corte			
Cuchilla de corte			Edición	Hoja 4/8	

PLANO 5 Separadores de cuchilla

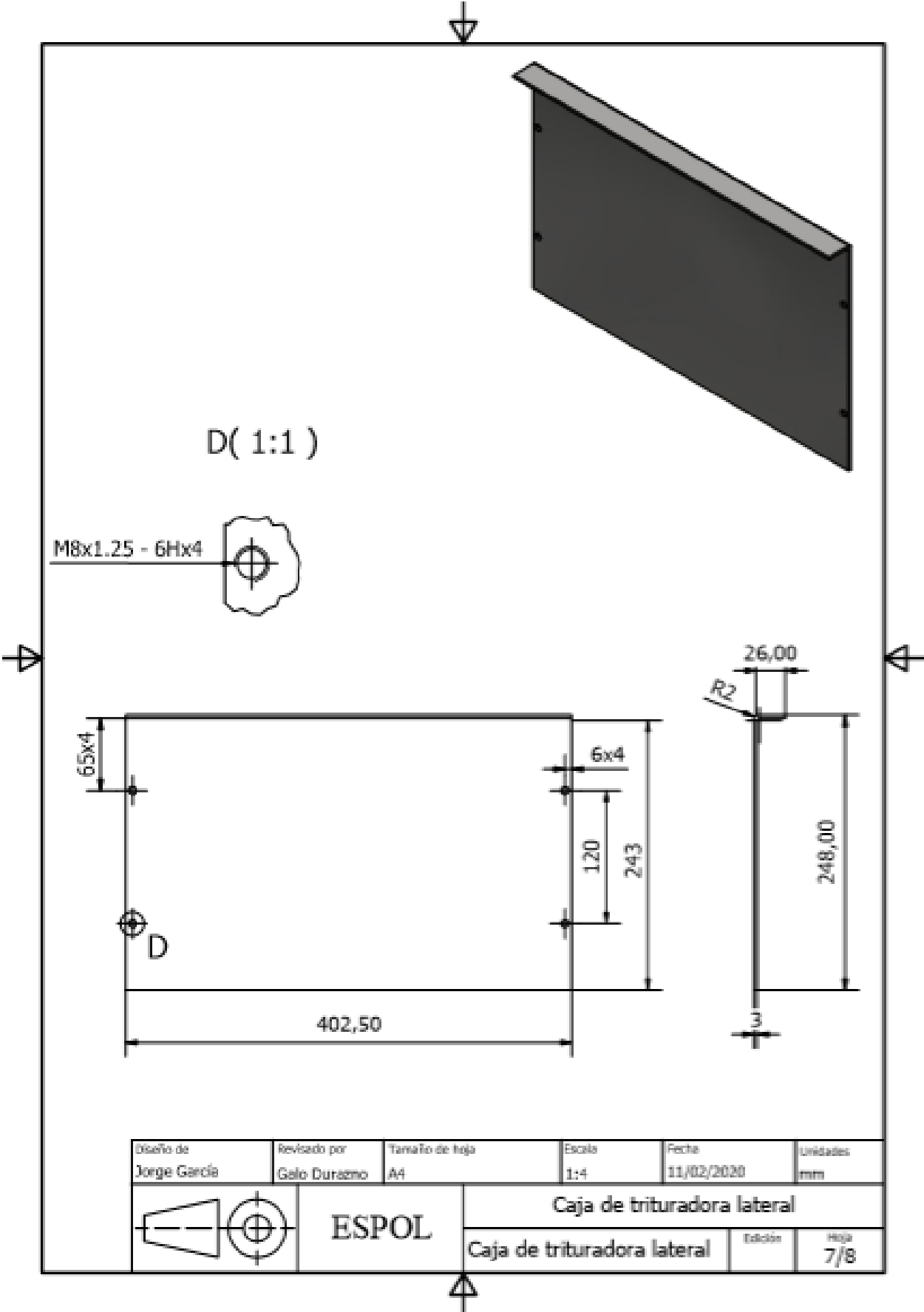



Diseño de Jorge García	Revisado por Galo Durazno	Tamaño de hoja A4	Escala 1:2	Fecha 11/02/2020	Unidades mm
		Separadores de cuchilla			
		Separadores de cuchilla		Edición	Hoja 5/8

PLANO 6 Caja de trituradora frontal

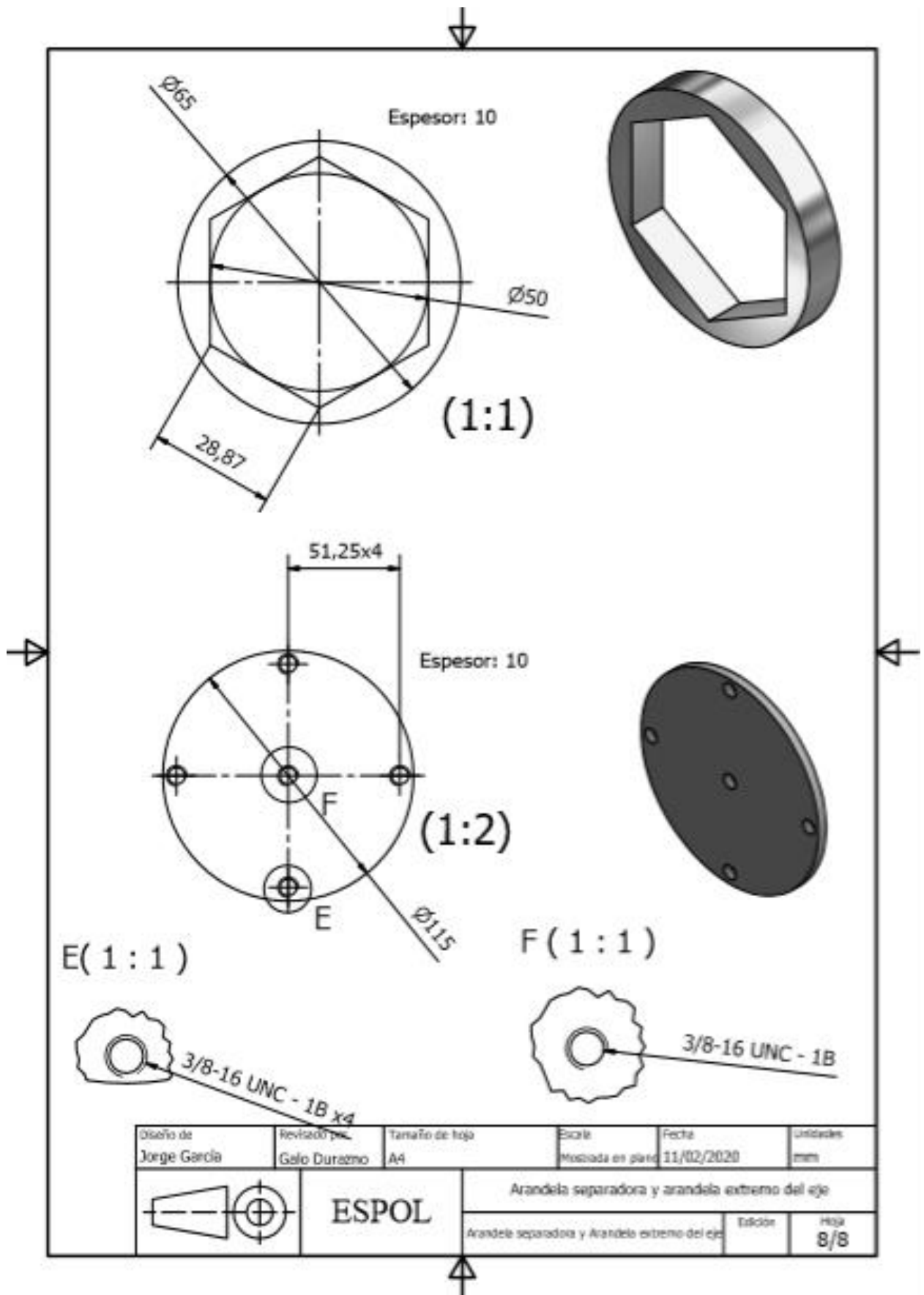


PLANO 7 Caja de trituradora lateral

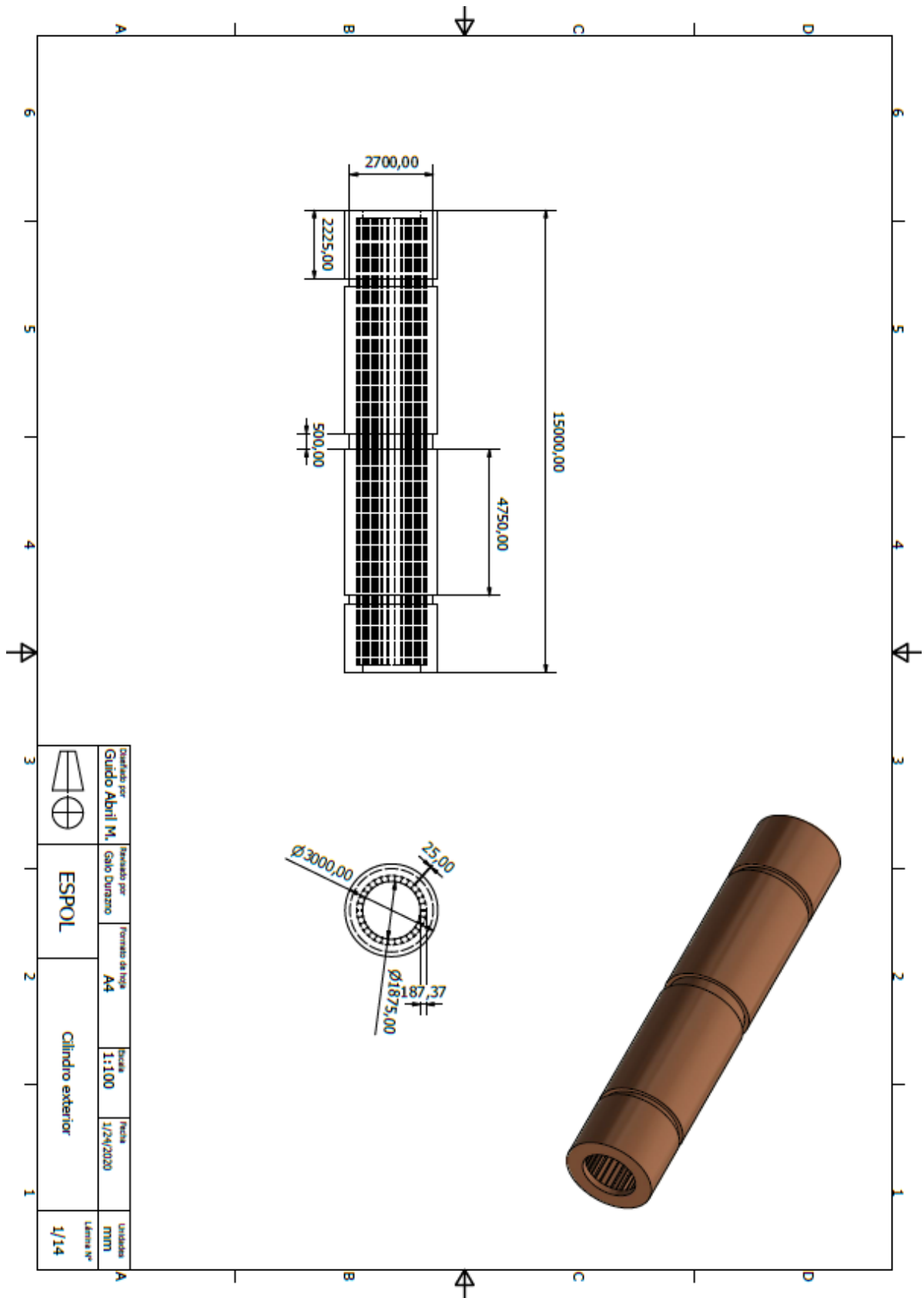


Diseño de Jorge García	Revisado por Galo Durazno	Tamaño de hoja A4	Escala 1:1	Fecha 11/02/2020	Unidades mm
		Caja de trituradora lateral			
		Caja de trituradora lateral		Edición	Hoja 7/8

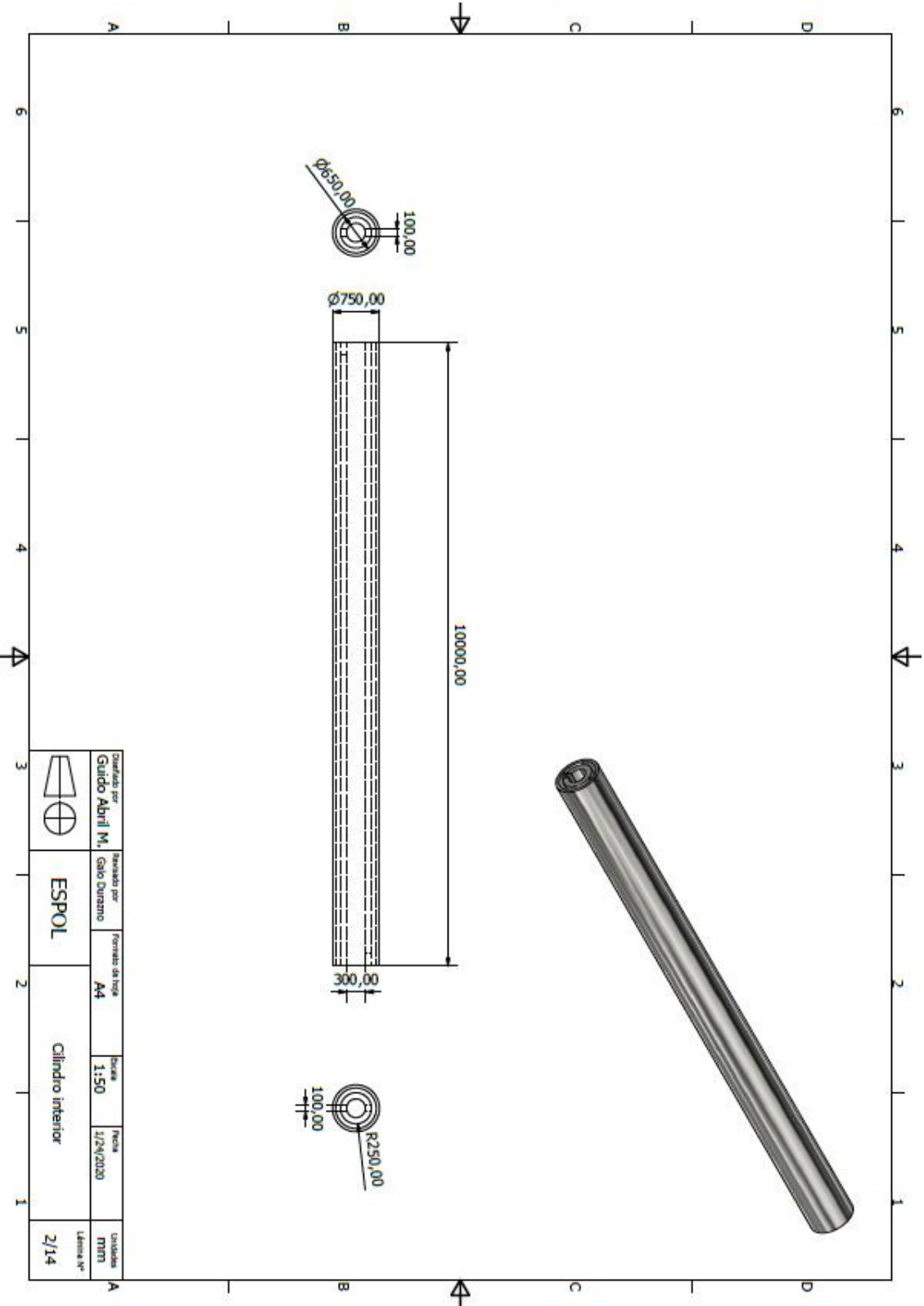
PLANO 8 Arandela separadora



PLANO 1 Vaso: Cilindro Externo

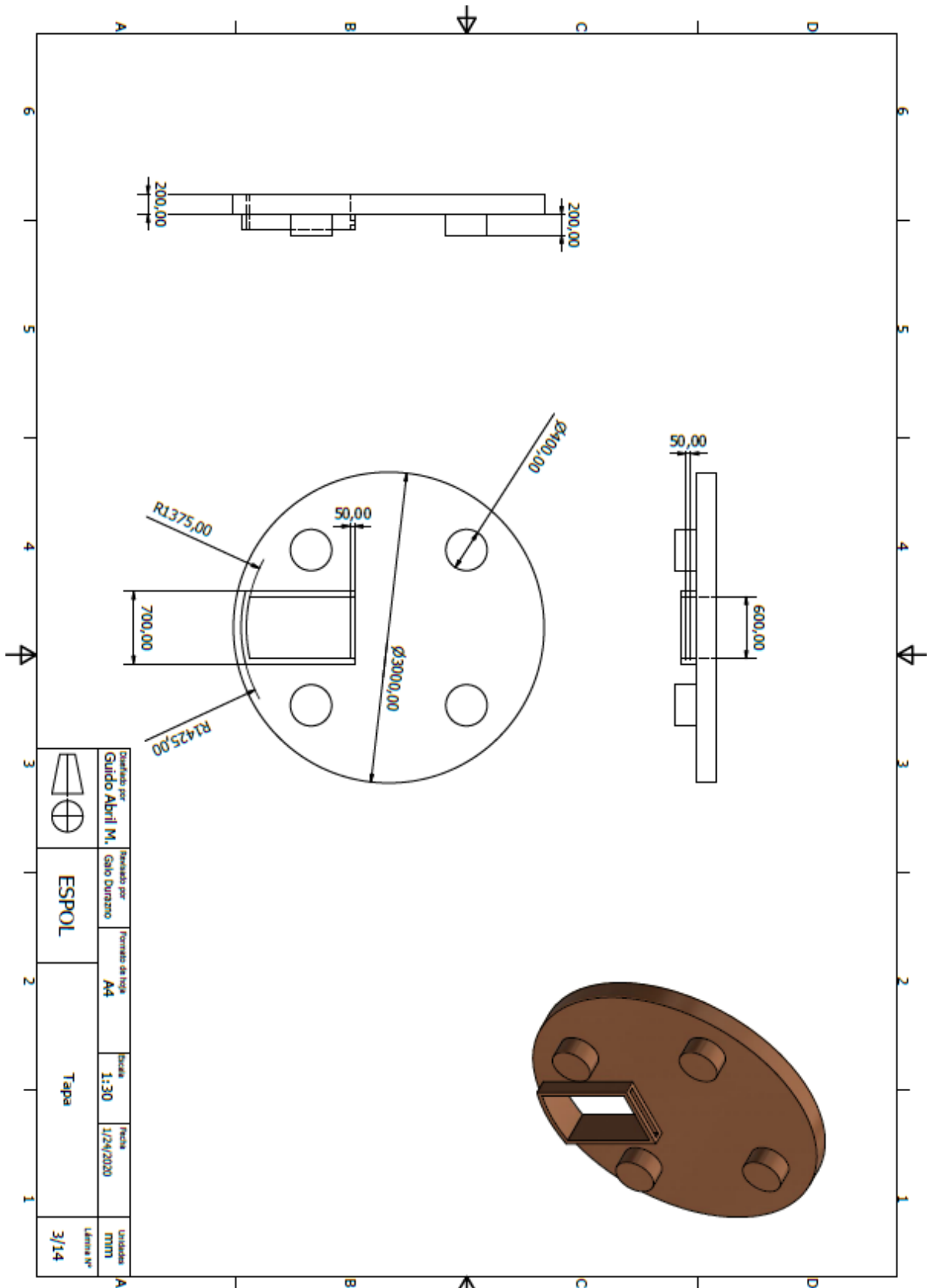


PLANO 2 Vaso: Cilindro interno

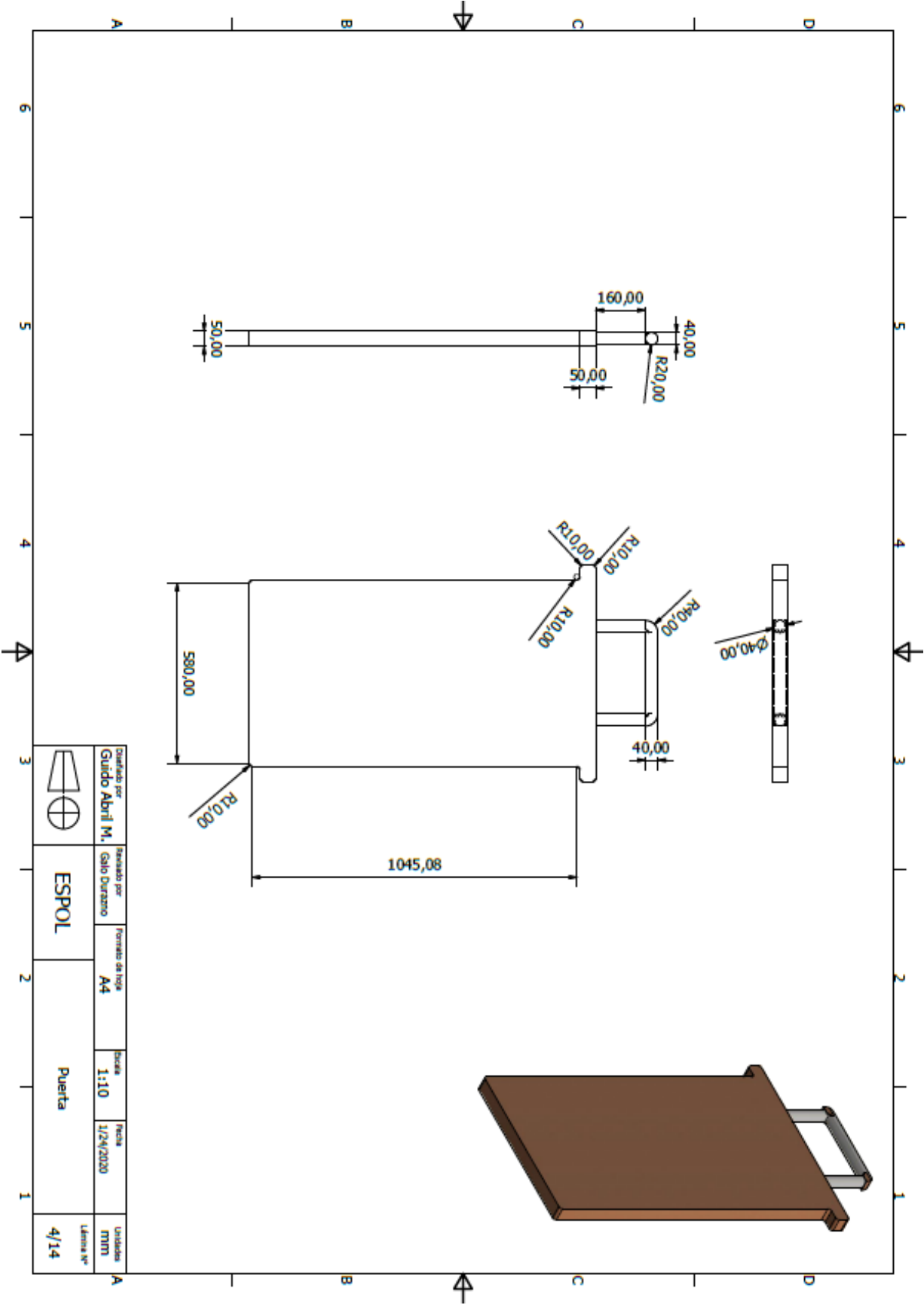


	Diseñado por Guido Abril M.	Formato de hoja A4	Escala 1:50	Fecha 1/24/2020	Unidades MM
ESPOL	Cylindro interior	Hoja N° 2/14			

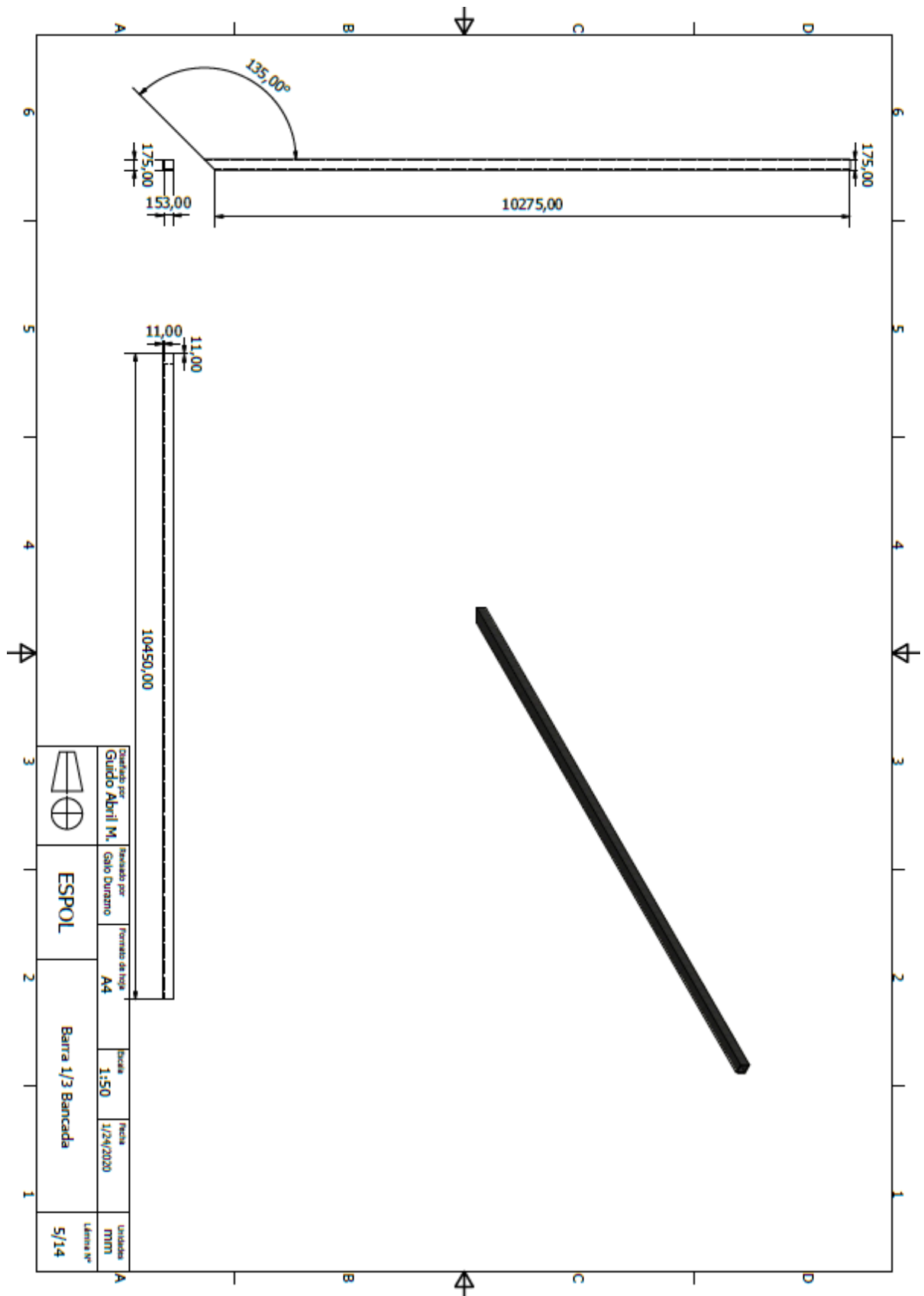
PLANO 3 Tapa



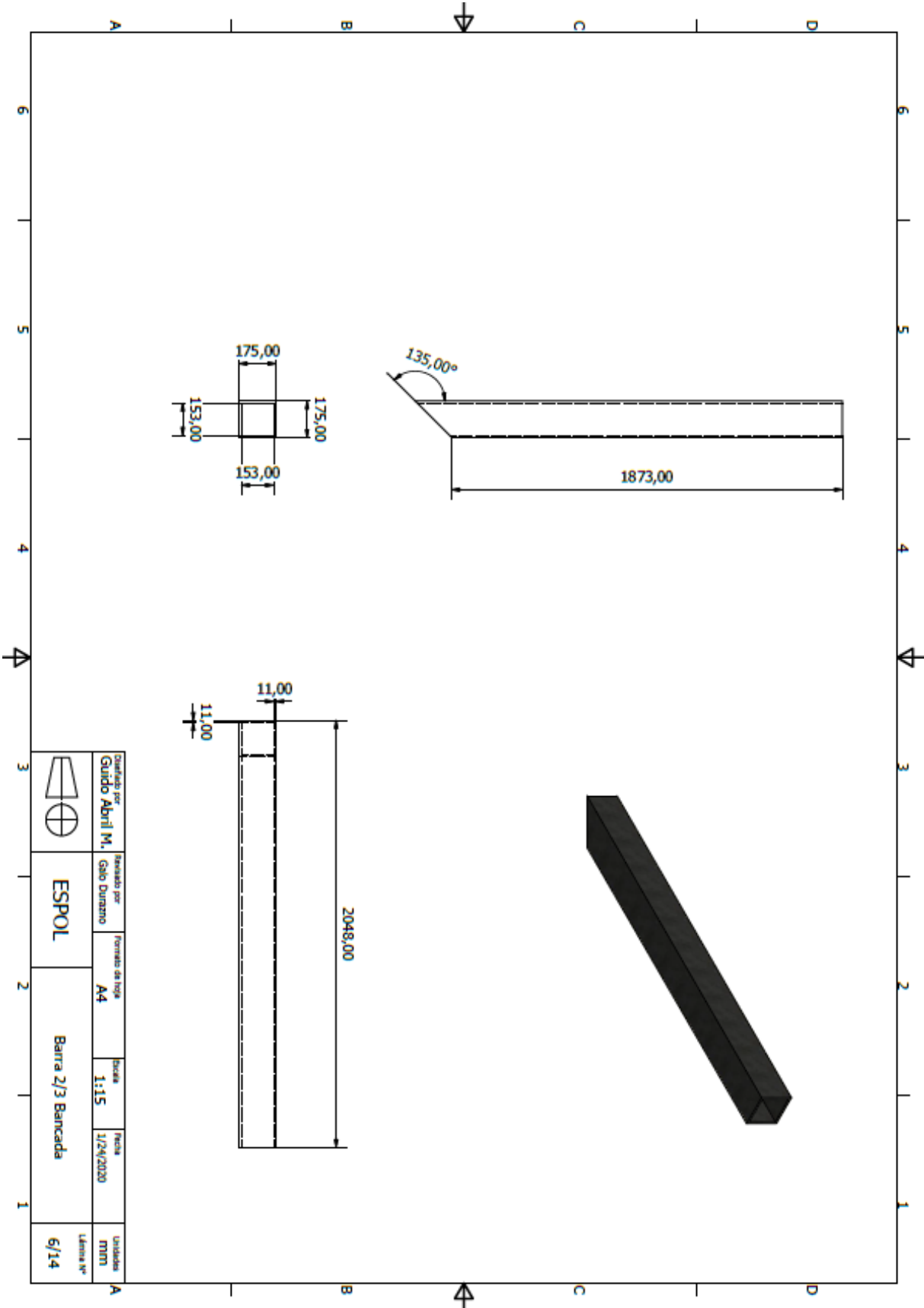
PLANO 4 Puerta de la tapa



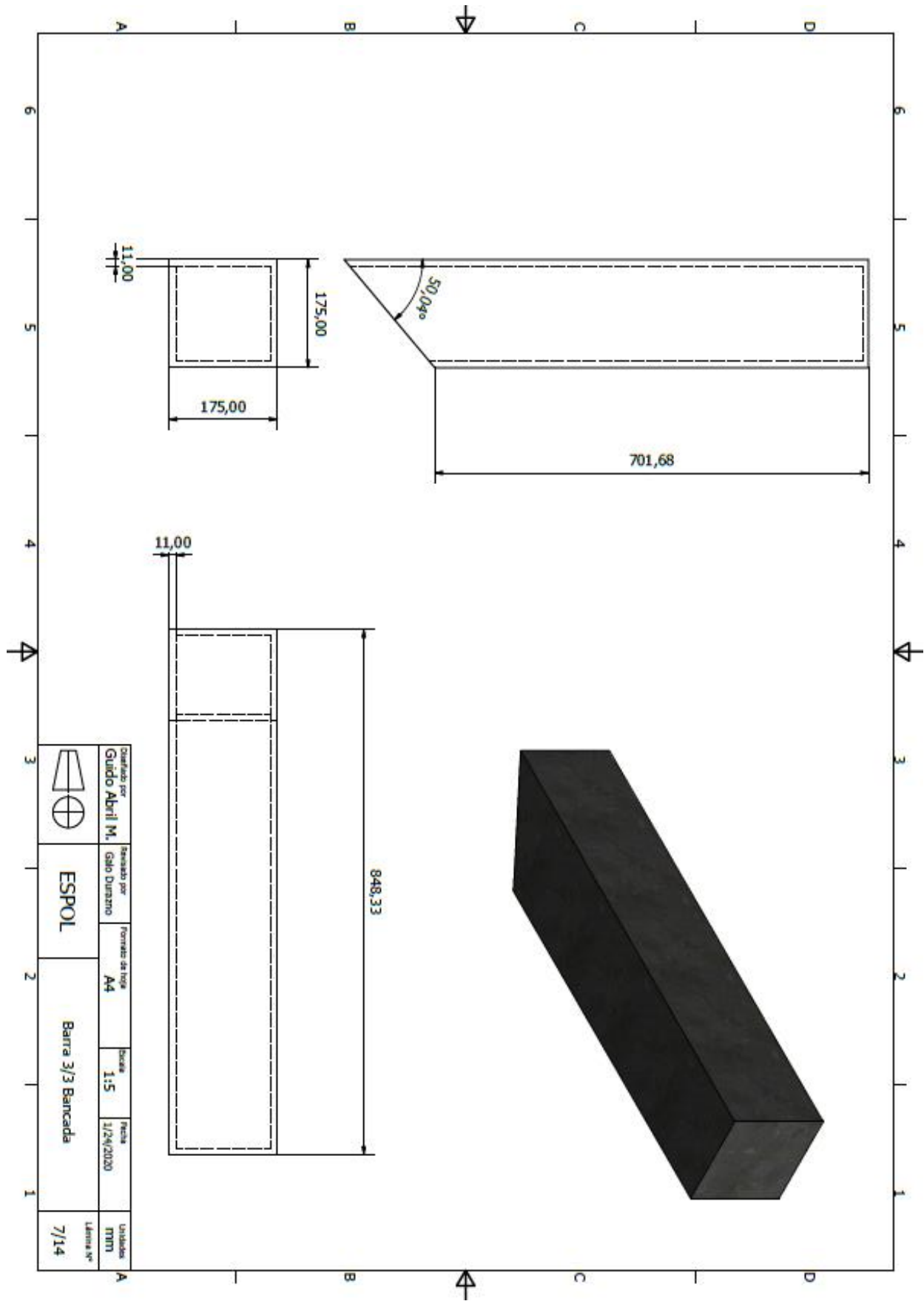
PLANO 5 Bancada: Barra larga



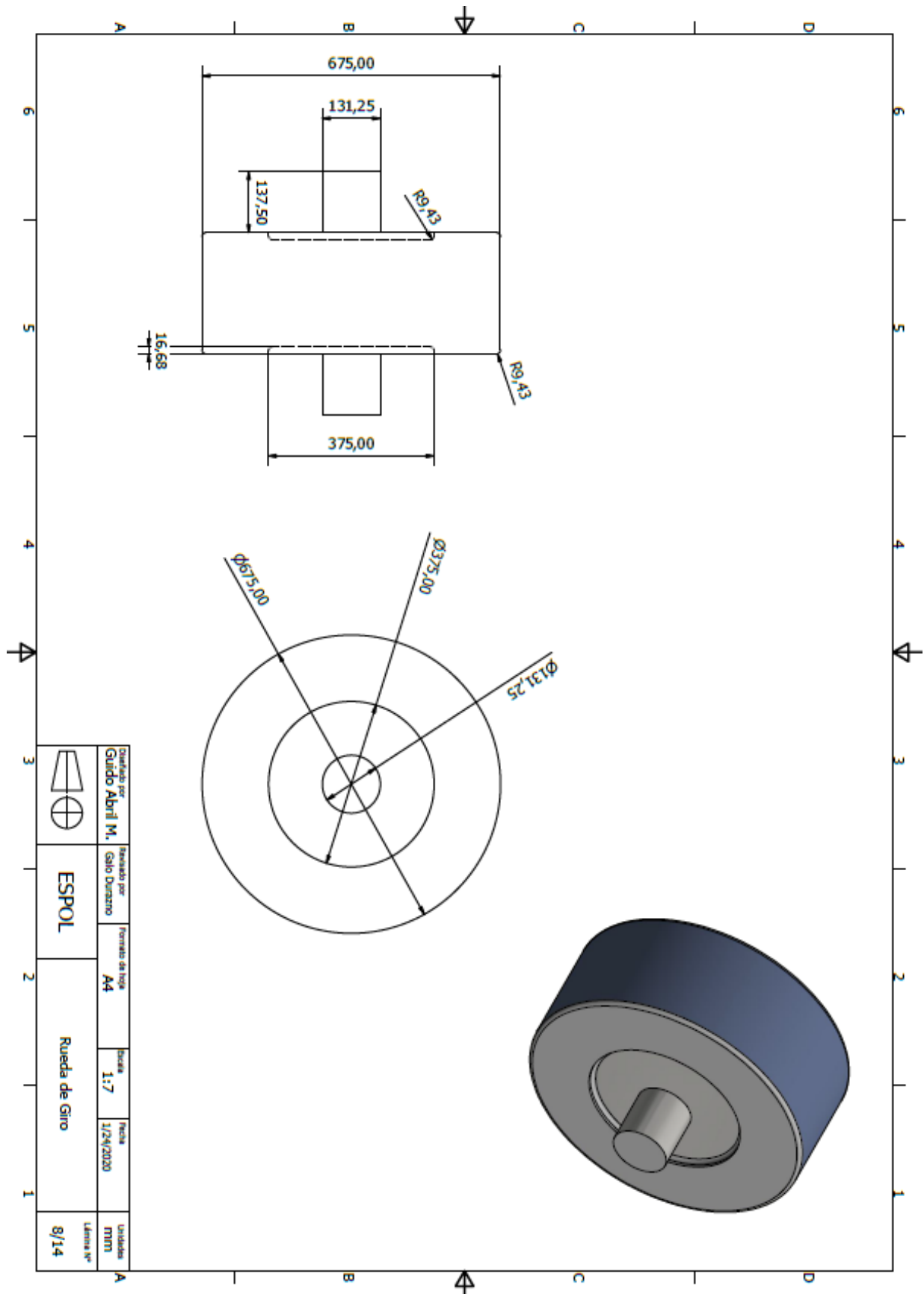
PLANO 6 Bancada: Barra mediana



PLANO 7 Bancada: Barra corta

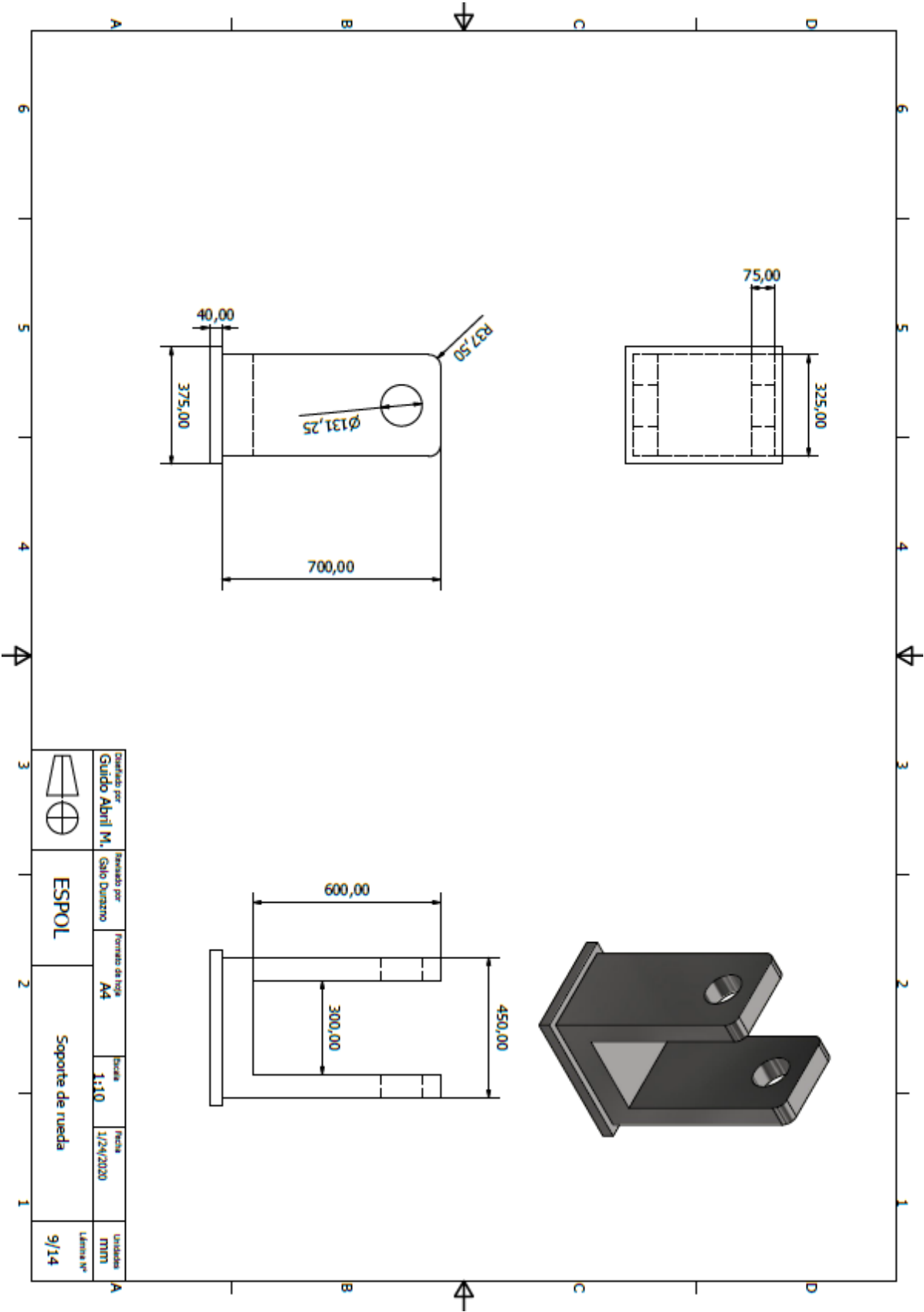


PLANO 8 Bancada: Rueda de giro

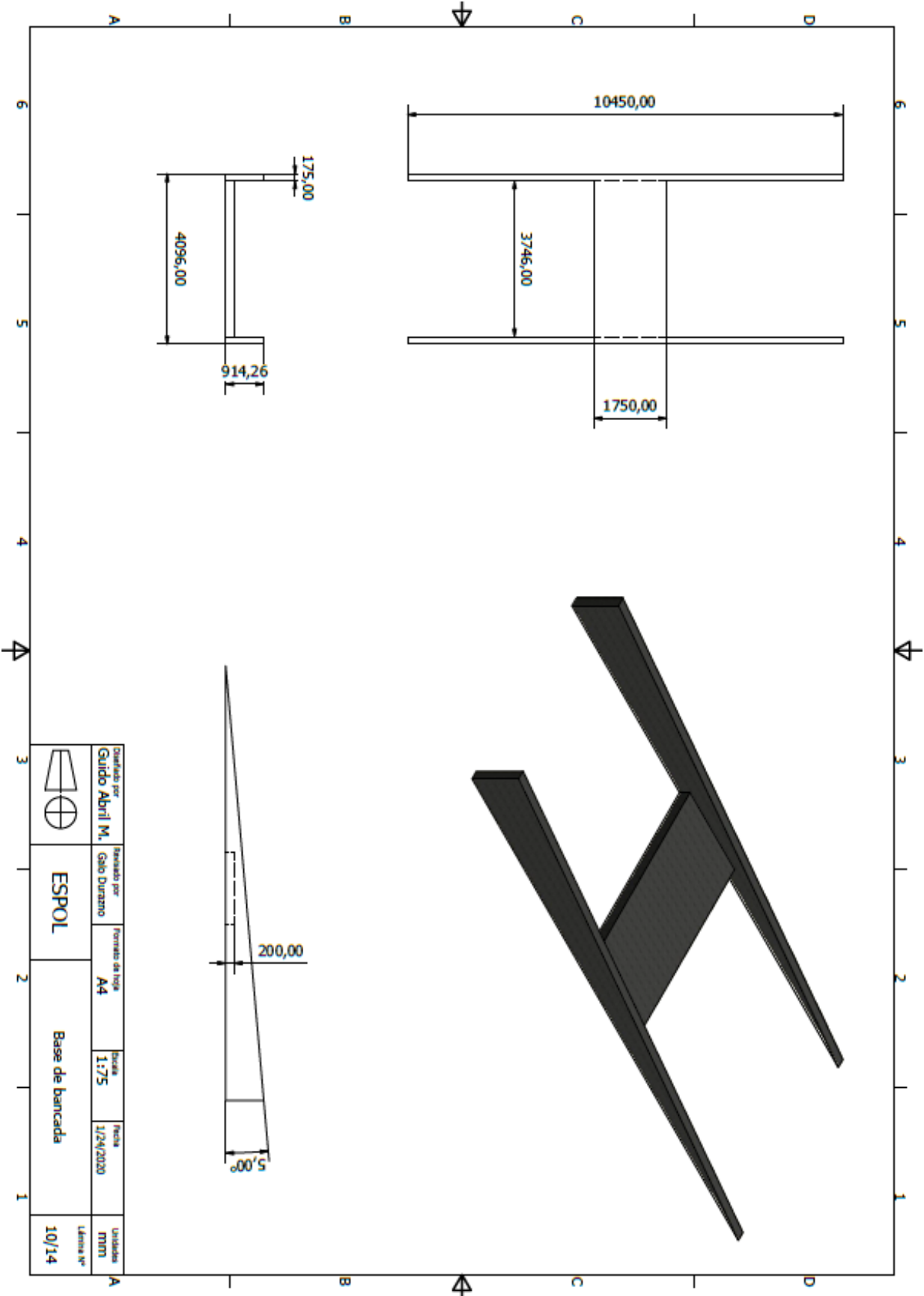


	Diseñado por Guido Abril M.	Revisado por Gato Durazno	Formato de hoja A4	Escala 1:7	Fecha 1/24/2020	Unidades MM
	ESPOL	Rueda de Giro	Última vº 8/14			

PLANO 9 Bancada: Soporte de rueda

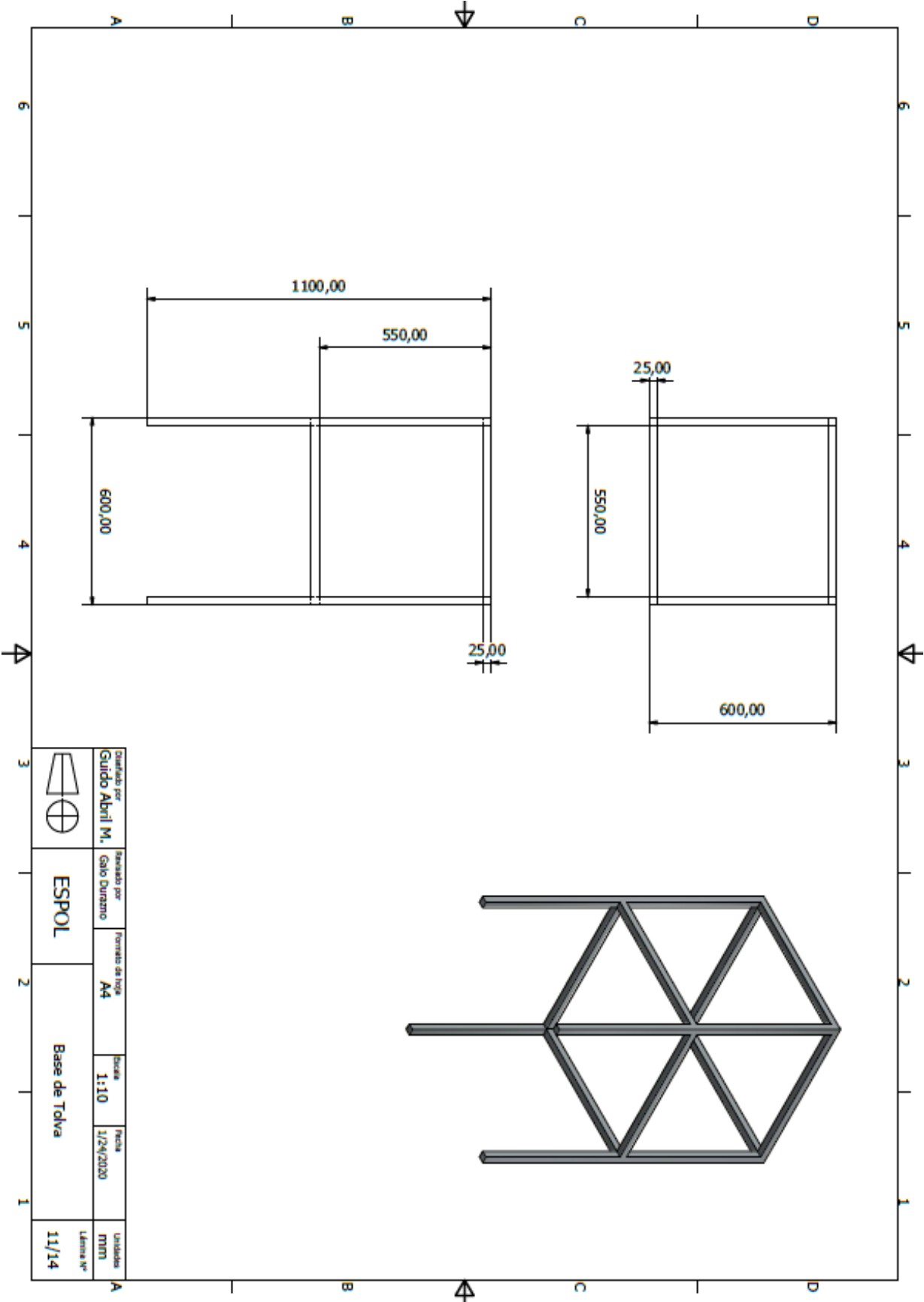


PLANO 10 Bancada: Base

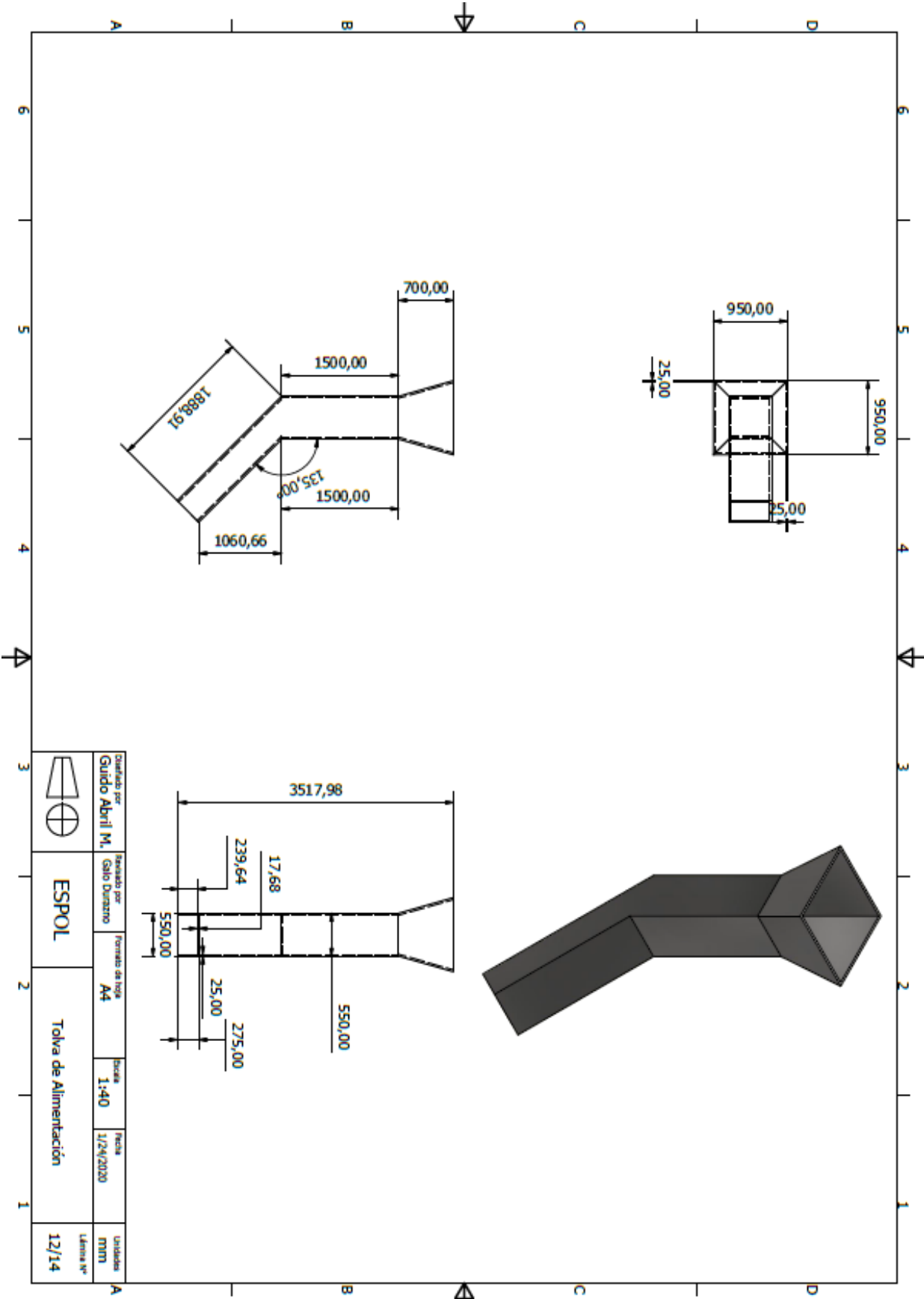


	Elaborado por Guido Abril M.	Revisado por Gabo Durazo	Formato de hoja A4	Escala 1:75	Fecha 1/24/2020	Unidades MM
	ESPOL		Base de bancada		Lamina N° 10/14	

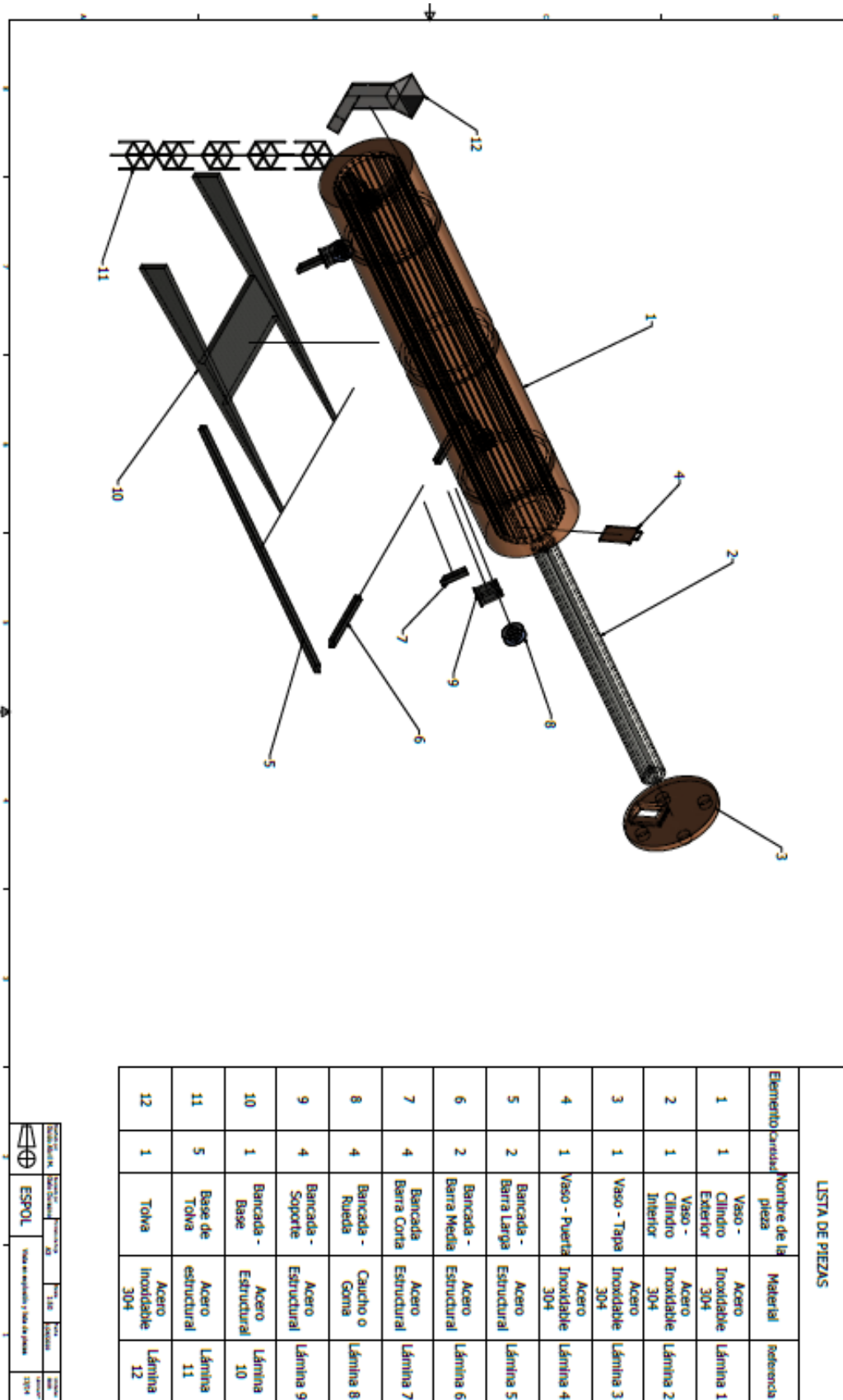
PLANO 11 Base de Tolva




PLANO 12 Tolva



PLANO 13 Vista del ensamble



	INSTITUTO TECNOLÓGICO ESPOL Escuela Superior Politécnica de Chimborazo
---	---

PLANO 14 Vista en explosión y lista de piezas

