

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

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

“Diseño de una máquina despulpadora de frutas exóticas con capacidad
de 200 Kg/h”

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingeniero Mecánico

Presentado por:

Tomalá Galán Leonar Joel

Vallejo Cervantes Carlos Mario

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2020

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de tesis a mis padres por estar siempre pendiente de mí y por brindarme ese ejemplo de dedicación y perseverancia.

Leonar Tomalá Galán

El presente proyecto se lo dedico a mi padre, que considero mi mentor, tutor, y amigo, quien ha sido mi apoyo e inspiración para superarme día a día, y me ha apoyado fielmente a lo largo del estudio de mi carrera, siempre confiando en mí incondicionalmente y dándome la confianza que a veces a mí me faltaba.

Carlos Vallejo Cervantes

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por permitirnos estar con vida y oportunidad de ser mejor en medio de la crisis. Agradezco a mis padres (Reina Galán y Félix Tomalá) por ser el soporte fundamental de mi vida académica. Agradezco a mi tutor, profesor de tesis y a mi compañero por la culminación de este gran trabajo en dónde aplicamos los conocimientos adquiridos en la carrera.

Leonar Tomalá Galán

En primer lugar, agradezco a Dios por permitirme estar vivo para disfrutar este momento. También agradezco a mi familia, novia y amigos cercanos que formaron parte de mi vida universitaria. A mi profesor de tesis y a mi tutor por guiarnos en la realización de este proyecto integrador.

Carlos Vallejo Cervantes

DECLARACIÓN EXPRESA

"Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; Leonar Joel Tomalá Galán y Carlos Mario Vallejo Cervantes 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"



Carlos Mario Vallejo
Cervantes



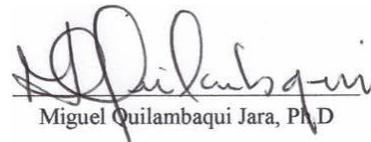
Leonar Joel Tomalá
Galán

EVALUADORES

RODOLFO
EZEQUIEL
PAZ MORA

Digitally signed by
RODOLFO EZEQUIEL
PAZ MORA
Date: 2020.09.22
15:01:21 -05'00'

Paz Rodolfo, MSc
PROFESOR DE LA MATERIA



Miguel Quilambaqui Jara, Ph.D

Quilambaqui Miguel, PhD.
PROFESOR TUTOR

RESUMEN

Ecuador es un país exportador de una gran variedad de frutas exóticas entre las cuales destacan por mucho, la piña, maracuyá y cítricos. El cantón Bucay consta con más de 500 ha direccionada al cultivo de estos frutos exóticos para así abastecer de pulpa fresca a través de terceros a los mercados de las provincias de Bolívar, Los Ríos y Chimborazo. Actualmente Bucay por falta de industrialización para el procesamiento total de sus frutos se echan a perder y más aún que todo el país se ve afectado por la pandemia COVID-19. Antes esta realidad los productores de la Asociación de Agrícolas de Campamentos y Altos de Bucay requieren la tecnología necesaria para aprovechar al máximo su productividad para lo cual se diseñó una maquina despulpadora con una capacidad de procesamiento de 200 Kg/h. Se utilizó instrumentación para la determinación de las variables que influyen en el diseño, dimensionamiento y/o selección de cada uno de los elementos de la despulpadora para su respectivo trabajo, y cuidando la integridad y salubridad del producto terminado. Los elementos de la máquina que fueron diseñados, y validados mediante el software Autodesk Inventor Student, cumplieron con el requerimiento de una larga vida útil y protección contra fallas por fatiga en sus elementos. La máquina cumple con una capacidad de procesamiento de 200 Kg/h, lo cual les permitirá a los productores del Cantón Bucay satisfacer la demanda actual de despulpado de frutas y tendrá un impacto positivo en la sociedad agrícola del Cantón, ya que les permitirá un salto semi industrial en el procesamiento de frutas.

Palabras Clave: capacidad de procesamiento, frutas exóticas, despulpadora de frutas, industrialización.

ABSTRACT

Ecuador is an exporting country with a great variety of exotic fruits, which are, the pineapple, the passion fruit, citric. Bucay has more than 500 ha, oriented to sowing these exotic fruits to supply of fresh pulp through third parties toward the markets in Bolivar, Los Rios y Chimborazo. Nowadays Bucay for lack of industrialization of the total processing of their fruits, these are damaged, and all the country get affected by the COVID-19 pandemic. With this reality the producers of the association of agricultural camps and highlands of Bucay, requires the necessary technology to make the most their productivity because of which it was designed a pulper machine with a capacity of 200 kg/h. It was used the proper instrumentation for determinate the different variables that influence the design, sizing and the choosing of every element of the pulper machine for his respectively work, caring the integrity and healthiness of the finished product. The machine elements that were designed and validated by the software Autodesk Inventor Student, they comply with the requirement of long useful life and protection against fatigue failure of their components. The machine comply with a processing capacity of 200 Kg/h, which will let the Bucay producers supply the pulping demand of fruits and this will have a positive impact in the farming society of the place, because it will let to improve their techniques in the fruit processing.

Keywords: *processing capacity, exotic fruits, pulper machine for fruits, industrialization.*

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
<i>ABSTRACT</i>	II
ÍNDICE GENERAL	III
ABREVIATURAS.....	VIII
SIMBOLOGÍA	IX
ÍNDICE DE FIGURAS	X
ÍNDICE DE TABLAS.....	XIII
ÍNDICE DE PLANOS.....	XIV
CAPÍTULO 1.....	1
1. Introducción	1
1.1 Definición del Problema.....	1
1.2 Justificación del proyecto	2
1.3 Objetivos	3
1.3.1 Objetivo General.....	3
1.3.2 Objetivos Específicos.....	3
1.4 Marco teórico.....	3
1.4.1 Frutas Exóticas en el Ecuador	3
1.4.1.1 Piña	4
1.4.1.2 Anona.....	5
1.4.1.3 Maracuyá.....	5
1.4.1.4 Naranja.....	6
1.4.1.5 Limón.....	6
1.4.1.6 Toronja	7
1.4.2 Pulpa de las Frutas	7
1.4.3 Proceso de obtención de pulpa de frutas.....	8

1.4.4	Máquinas despulpadoras	9
1.4.4.1	Máquinas despulpadoras semi-industriales.....	9
1.4.4.1.1	Horizontales de tornillo sin fin	9
1.4.4.1.2	Horizontales de paletas.....	10
1.4.4.2	Máquinas despulpadoras industriales	10
1.4.4.2.1	Horizontal.....	10
1.4.4.2.2	Vertical	11
1.4.5	Aceros.....	11
1.4.5.1	Aceros inoxidables grado Alimenticio	12
1.4.5.1.1	Aceros Inoxidables Martensíticos.....	12
1.4.5.1.2	Aceros Inoxidables Ferríticos	13
CAPÍTULO 2.....		14
2.	Metodología	14
2.1	Requerimientos del cliente	16
2.1.1	Análisis funcional	17
2.1.1.1	Caja negra.....	17
2.1.1.2	Caja transparente.....	17
2.1.1.3	Definición de módulos secundarios.....	18
2.1.1.4	Funciones y medios	18
2.2	Diseño conceptual.....	18
2.2.1	Requerimientos técnicos.....	18
2.2.1.1	Métricas.....	18
2.2.1.2	Especificaciones funcionales.....	19
2.2.2	Criterios de selección.....	19
2.2.2.1	Casa de la calidad (House of Quality)	19
2.2.2.1.1	Conclusiones.....	19

2.2.2.2	Método ordinal corregido de criterios ponderados	20
2.2.2.3	Ponderación de criterios de selección	20
2.2.3	Selección del diseño conceptual	21
2.2.3.1	Alternativas de diseño	21
2.2.3.1.1	Primera alternativa: Máquina despulpadora de frutas horizontal	22
2.2.3.1.2	Segunda alternativa: Máquina despulpadora de frutas vertical..	23
2.2.3.2	Selección de alternativa	24
2.2.3.2.1	Conclusiones.....	25
2.3	Diseño preliminar.....	25
2.3.1	Partes principales de alternativa seleccionada	26
2.4	Parámetros necesarios de las frutas	29
2.4.1	Condiciones de entrada de las frutas.....	29
2.4.2	Propiedades físicas de las frutas	31
2.4.3	Estimación de la fuerza de corte.....	33
2.4.4	Conclusiones	34
CAPÍTULO 3.....		35
3.	Resultados Y ANÁLISIS	35
3.1	Dimensionamiento de tolva de alimentación	35
3.2	Diseño de cuchilla de corte	36
3.2.1	Dimensionamiento	36
3.2.2	Análisis en Autodesk Inventor Student	37
3.3	Diseño de Rascadores rotatorios y selección del motor.....	38
3.3.1	Determinación de la inercia y energía cinética rotacional del agitador ..	38
3.3.2	Determinación de la potencia del equipo	39
3.3.3	Selección del motor	39
3.3.4	Diseño de rascadores rotatorios	39

3.3.4.1	Dimensionamiento.....	39
3.3.4.2	Análisis en Autodesk Inventor Student.....	41
3.3.5	Diseño de láminas de soporte	42
3.3.5.1	Dimensionamiento.....	42
3.3.5.2	Análisis en Autodesk Inventor Student.....	43
3.4	Diseño de paleta de expulsión	44
3.4.1	Dimensionamiento	44
3.4.2	Análisis en Autodesk Inventor Student	45
3.5	Selección del tamiz.....	46
3.6	Selección de banda y poleas de transmisión	47
3.7	Diseño del eje de transmisión horizontal	50
3.7.1	Dimensionamiento	50
3.7.2	Análisis en Autodesk Inventor Student	50
3.8	Selección de rodamientos	51
3.9	Selección de sistema de control.....	53
3.10	Diseño del sistema estructural	54
3.10.1	Dimensionamiento	54
3.10.2	Análisis en Autodesk Inventor Student	55
3.11	Modelado 3D de la máquina despulpadora de frutas	56
3.12	Especificaciones técnicas de la máquina	58
3.13	Mantenimiento del equipo	58
3.14	Análisis de costos.....	60
3.14.1	Costo de materiales de fabricación.....	60
3.14.2	Costo de mano de obra y herramientas.....	61
3.14.3	Costos directos	61
3.14.4	Costos indirectos	61

3.14.5	Costo total de la máquina	62
3.14.6	Conclusiones	62
CAPÍTULO 4.....		64
4.	Conclusiones Y Recomendaciones	64
4.1	Conclusiones.....	64
4.2	Recomendaciones.....	65
BIBLIOGRAFÍA		
APÉNDICE		

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
ASTM	American Society for Testing and Materials
NACE	National Association of Corrosion Engineer
CDTS	Centro de Desarrollo Tecnológico Sustentable
REDU	Red Ecuatoriana de Universidades para Investigación y Postgrados
SENESCYT	Secretaría Nacional de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación
ASME	American Society of Mechanical Engineers
NEC	Norma Ecuatoriana de la Construcción
FIMCP	Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción
AISI	American Iron and Steel Institute
CAD	Computer Aided Design
CAE	Computer Aided Engineering

SIMBOLOGÍA

mg	Miligramo
m	Metro
mV	Milivoltio
Kg/h	Kilogramos por hora
qq	Quintal
Kg/dm ³	Kilogramos por decímetros cúbicos
GPa	Gigapascales
K	Kelvin
W/mK	Vatio por metro Kelvin
V	Voltio
ha	Hectáreas

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Cultivo de piña	4
Figura 1.2 Cultivo de anona.....	5
Figura 1.3 Cultivo de maracuyá	5
Figura 1.4 Cultivo de naranja.....	6
Figura 1.5 Cultivo de limón	7
Figura 1.6 Cultivo de toronja.....	7
Figura 1.7 Muestra de pulpas que genera el Cantón.....	8
Figura 1.8 Procesos relacionados a la obtención de pulpa de frutas.....	8
Figura 1.9 Clasificación de las máquinas despulpadoras	9
Figura 1.10 Despulpadora horizontal de tornillo sin fin	9
Figura 1.11 Despulpadora horizontal de paletas	10
Figura 1.12 Despulpadora de frutas horizontal 1.8 ton/h – 3 ton/h	10
Figura 1.13 Despulpadora de frutas vertical	11
Figura 2.1 Metodología para el diseño de la máquina despulpadora de frutas (1/3)	14
Figura 2.2 Metodología para el diseño de la máquina despulpadora de frutas (2/3)	15
Figura 2.3 Metodología para el diseño de la máquina despulpadora de frutas (3/3)	16
Figura 2.4 Módulo principal (caja negra) de la máquina despulpadora de frutas	17
Figura 2.5 Caja transparente de la máquina despulpadora de frutas	18
Figura 2.6 Representación gráfica de primera alternativa de diseño.....	22
Figura 2.7 Representación gráfica de segunda alternativa de diseño	23
Figura 2.8 Vista isométrica en perspectiva de diseño de forma.....	25
Figura 2.9 Partes principales de alternativa seleccionada (1/3).....	26
Figura 2.10 Partes principales de alternativa seleccionada (2/3).....	27
Figura 2.11 Partes principales de alternativa seleccionada (3/3).....	28
Figura 2.12 Tomalá y Vallejo realizando experimentación (2020)	29
Figura 2.13 Balanza utilizada en las mediciones experimentales.....	31
Figura 2.14 Vernier utilizado para las mediciones	32
Figura 2.15 Dinamómetro utilizado para la experimentación	33
Figura 3.1 Representación gráfica de la tolva de alimentación.....	35
Figura 3.2 Medidas de la tolva de alimentación seleccionada	35
Figura 3.3 Representación gráfica de las cuchillas de corte.....	36

Figura 3.4 Dimensiones generales de las cuchillas de corte	36
Figura 3.5 Análisis de esfuerzos estático en las cuchillas de corte	37
Figura 3.6 Ciclo de vida por análisis de fatiga en las cuchillas de corte	37
Figura 3.7 Factor de seguridad por análisis de fatiga en las cuchillas de corte	38
Figura 3.8 Agitador y sus partes	38
Figura 3.9 Representación gráfica del rascador rotatorio	40
Figura 3.10 Dimensiones del rascador rotatorio	40
Figura 3.11 Análisis de esfuerzos estático de rascador.....	41
Figura 3.12 Ciclo de vida por análisis de fatiga en el rascador.....	41
Figura 3.13 Coeficiente de seguridad por análisis de fatiga en el rascador.....	42
Figura 3.14 Representación gráfica de conjunto de láminas de soporte y bocín.....	42
Figura 3.15 Dimensiones de láminas de soporte.....	43
Figura 3.16 Análisis de esfuerzos estático en las láminas de soporte.....	43
Figura 3.17 Ciclos de vida por análisis de fatiga en las láminas de soporte.....	44
Figura 3.18 Factor de seguridad por análisis de fatiga en láminas de soporte	44
Figura 3.19 Representación gráfica de la paleta de expulsión	45
Figura 3.20 Dimensiones de la paleta de expulsión	45
Figura 3.21 Análisis de esfuerzos estáticos en paleta de expulsión	45
Figura 3.22 Ciclos de vida por análisis de fatiga en la paleta de expulsión	46
Figura 3.23 Factor de seguridad por análisis de fatiga en la paleta de expulsión.....	46
Figura 3.24 Representación gráfica del tamiz.....	47
Figura 3.25 Gráfica de selección de bandas para alta capacidad	48
Figura 3.26 Características de banda seleccionada	49
Figura 3.27 Diámetro Mínimo Recomendado para la Polea del Motor Eléctrico.....	49
Figura 3.28 Representación gráfica del eje de transmisión	50
Figura 3.29 Dimensiones generales del eje de transmisión	50
Figura 3.30 Coeficiente de seguridad estático para el eje de transmisión	51
Figura 3.31 Ciclos de vida por análisis de fatiga en el eje de transmisión.....	51
Figura 3.32 Especificaciones de los rodamientos.....	52
Figura 3.33 Diagrama de sistema de control a utilizar	53
Figura 3.34 Representación gráfica del sistema estructural	54
Figura 3.35 Dimensionamiento del sistema estructural	54
Figura 3.36 Deformación en el sistema estructural.....	55

Figura 3.37	Análisis de esfuerzos estático para el sistema estructural.....	55
Figura 3.38	Coeficiente de seguridad estático para el sistema estructural.....	56
Figura 3.39	Vista Isométrica de la máquina despulpadora de frutas diseñada (1/2)	56
Figura 3.40	Vista Isométrica de la máquina despulpadora de frutas diseñada (2/2)	57
Figura 3.41	Vista frontal de la máquina de despulpadora de frutas diseñada	57
Figura 3.42	Vista isométrica del eje de transmisión con sus componentes	58

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1	Especificaciones funcionales de la máquina	19
Tabla 2.2	Evaluación entre criterios de selección ponderados	20
Tabla 2.3	Tabla morfológica utilizada para la generación de alternativas de diseño	21
Tabla 2.4	Tabla morfológica con primera alternativa de diseño	22
Tabla 2.5	Tabla morfológica con segunda alternativa de diseño	23
Tabla 2.6	Evaluación del costo de producción	24
Tabla 2.7	Evaluación de la ergonomía	24
Tabla 2.8	Evaluación de los materiales eco amigables	24
Tabla 2.9	Evaluación de la diversidad de producción	24
Tabla 2.10	Evaluación de la fuerza de desgarre	24
Tabla 2.11	Tabla de conclusiones de selección de alternativas	25
Tabla 2.12	Descripción de elementos del sistema de alimentación	26
Tabla 2.13	Descripción de elementos del sistema eléctrico	26
Tabla 2.14	Descripción de elementos del sistema estructural	27
Tabla 2.15	Descripción de elementos del sistema de transmisión mecánica	28
Tabla 2.16	Descripción de elementos del sistema de tamizado	28
Tabla 2.17	Condiciones de entrada de las frutas a despulpar	30
Tabla 2.18	Valores porcentuales estimados de masa de cada fruta a despulpar	31
Tabla 2.19	Valores promedios medidos de las frutas a despulpar	32
Tabla 2.20	Valores promedio medidos de las pepas de las frutas a despulpar	32
Tabla 2.21	Valores promedio de fuerza de corte por cada fruta	34
Tabla 3.1	Especificaciones técnicas de la máquina diseñada	58
Tabla 3.2	Consideraciones del mantenimiento autónomo del equipo	59
Tabla 3.3	Consideraciones del mantenimiento profesional del equipo	59
Tabla 3.4	Desglose de costo de materiales de fabricación	60
Tabla 3.5	Desglose de costo de mano de obra y herramientas	61
Tabla 3.6	Costos directos	61
Tabla 3.7	Costos indirectos	62
Tabla 3.8	Costo total de la máquina	62
Tabla 3.9	Descripción de máquinas despulpadoras de frutas locales	62

ÍNDICE DE PLANOS

PLANO 1	Despulpadora de frutas – 200 Kg/h
PLANO 2	Despulpadora de frutas – 200 Kg/h
PLANO 3	Despulpadora de frutas – 200 Kg/h
PLANO 4	Eje de transmisión y componentes
PLANO 5	Agitador y sus partes
PLANO 6	Estructura base
PLANO 7	Despulpadora de frutas – 200 Kg/h
PLANO 8	Estructura base
PLANO 9	Cuchillas de corte
PLANO 10	Tolva de alimentación
PLANO 11	Láminas de soporte
PLANO 12	Soporte de rascadores
PLANO 13	Rascadores
PLANO 14	Sujeta rascadores
PLANO 15	Paleta de expulsión
PLANO 16	Eje de transmisión
PLANO 17	Tamiz
PLANO 18	Chaveta de eje de transmisión
PLANO 19	Estructura base de tolva
PLANO 20	Estructura salida de desechos
PLANO 21	Estructura salida de pulpa
PLANO 22	Soporte izquierdo
PLANO 23	Soporte derecho
PLANO 24	Placa base de sistema de control
PLANO 25	Placa soporte de motor eléctrico
PLANO 26	Protector de bandas y poleas
PLANO 27	Protector de motor eléctrico

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Definición del Problema

El cantón Bucay, es una zona con alto potencial agrícola, donde se producen varios cultivos como: piña, anonas, maracuyá y cítricos; pero muchas de esas cosechas se pierden en el campo por la falta de industrialización. Más ahora en este tiempo, que nuestro país ha pasado por una de las mayores crisis debido a la pandemia del COVID-19, que nos ha afectado a todos, principalmente al sector productivo agrícola. Ante esta realidad, los productores de la Asociación de agricultores de Campamentos y Altos de Bucay, no cuenta con los equipos y maquinaria que les permita procesar las materias primas y pulpas, por lo que es urgente y oportuno presentar propuestas de diseño de equipos despulpadores, para que los beneficiarios, puedan incorporar esos equipos a sus plantas de procesamiento, generando un mayor valor agregado a sus cosechas, así como el bienestar económico a sus familias y a la comunidad.

Se realiza el diseño de una despulpadora de frutas capaz de suplir las necesidades del cantón y así generar impacto en los sectores públicos y ambientales ya que nuestro prototipo genera residuos orgánicos que son utilizados y manipulados correctamente para convertirlos en abono orgánico; debido al mantenimiento autónomo del equipo genera desechos líquidos los cuales se direccionan a los pozos sépticos, por otro lado en los aspectos de seguridad y bienestar se toma en cuenta la manipulación de las frutas que puede generar riesgos ergonómicos del operador los cuales son minimizados con capacitación preventiva. También, contiene objetos corto punzantes los cuales si no existe una correcta política de manejo de materia prima puede generar desmembramiento.

Considerando los aspectos globales y culturales se establece que el prototipo a pesar de ser diseñado para los requerimientos del cantón Bucay podemos tener gran acogida en diferentes sectores con potencial de crecimiento

industrial, además el prototipo se lo direcciona en la forma de procesar productos alimenticios en el cantón, introduciendo un sistema automatizado que permite mejorar la eficiencia y aprovechamiento de la materia prima.

Para los aspectos sociales, económicos y técnicos el prototipo tiene la posibilidad de ampliar la producción en el cantón ya que cumple con una capacidad de producción específica (200 Kg/h) y aprovecha de mejor manera la materia prima producida en el sector siendo esto más eficiente que cualquier otro método conocido en el Cantón, lo que paralelamente genera más ingresos a las familias y mejora su calidad de vida.

1.2 Justificación del proyecto

El cantón General Antonio Elizalde (Bucay), es un lugar con un potencial agrícola, gracias a su ubicación estratégica, que lo conecta con climas de la costa y la sierra, posee una riqueza de suelo, ideales para diversos cultivos de alta demanda nacional y de exportación. Desde el 2018, un grupo de investigadores de la ESPOL, a través del CDTs, ha llevado a cabo investigaciones con proyectos financiados la REDU y SENESCYT, en recintos cercanos a este cantón que han permitido la mejora de los procesos del secado de cacao, donde se han diseñado y construido secadores con capacidad de 10 qq. En el 2019, la FIMCP, por medio de un proyecto integrador, presentó un diseño y prototipo deshidratador de guineo orito. Por este motivo han existido un mayor interés en la comunidad, para que puedan trabajar en otros temas de importancia para ellos, como es el diseño de un despulpador que les permita dar un valor agregado a las cosechas de las frutas que ellos producen, sobre todo, piña, anonas, maracuyá y papaya. Cabe indicar que Bucay, tiene una alta demanda de pulpa por la cercanía de los mercados de las provincias de Bolívar, Los Ríos y Chimborazo.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Diseñar una máquina despulpadora mecánica de anona, maracuyá, piña, limón, toronja, y naranja, que permita a los productores de Bucay la tecnología necesaria para satisfacer la demanda de procesamiento de frutas.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Determinar todas las variables que influyen en el proceso del despulpado de anona, maracuyá, piña, limón, toronja, y naranja.
- Escoger la alternativa óptima que cumpla los requerimientos y necesidades de la Asociación de Agricultores “Campamento y Altos de Bucay”.
- Diseñar una maquina despulpadora mecánica que cumpla las expectativas del mercado.
- Realizar la selección y el diseño de los elementos que forman parte de la máquina.
- Validar el diseño de la máquina utilizando un software CAD-CAE.
- Validar el costo-beneficio de la máquina despulpadora de frutas diseñada para la Asociación de Agricultores “Campamento y Altos de Bucay”

1.4 Marco teórico

1.4.1 Frutas Exóticas en el Ecuador

En la actualidad las frutas exóticas se encuentran entre las cosas más codiciadas en el mundo debido a su rareza, sabor, aroma, su elevado contenido nutricional y el gran uso en la industria alimenticia o farmacológica. Además, las frutas pertenecientes al grupo vegetal son las primeras en ser utilizados para la sobrevivencia del hombre primitivo antes de desarrollar el conocimiento de la agricultura (©CUBAHORA, 2016).

El cantón Antonio Elizalde también conocido como “el cantón Bucay” por su ubicación geográfica forma parte de una zona donde los frutos exóticos cuentan con el clima perfecto para su correcto desarrollo y cultivo, entre estos frutos exóticos tenemos los cítricos, piña, anonas, maracuyá, malanga, entre otras que gracias a su gran calidad y variedad permite al Ecuador exportarlos a los mercados europeos y asiáticos (Elizalde, 2019).

A continuación, se describen las frutas exóticas producidas en Ecuador, las cuales son: Piña, Anona, Maracuyá y cítricos tales como: Naranja, Toronja y Limón.

1.4.1.1 Piña

La piña es una fruta perteneciente a la Familia: Bromeliaceae y su nombre científico es *Ananas comosus*. Es una planta herbácea que pertenece a las monocotiledoneas que puede alcanzar hasta 1,20 m de altura, constituida por un tallo único el cual está recubierto por aproximadamente 80 hojas lanceoladas que miden entre 30-100 cm de largo (Moreira & Uguña, 2018).



Figura 1.1 Cultivo de piña
(Espinosa, 2017)

Entre las principales variedades de piñas cultivadas en el Ecuador tenemos, la Perolera, la Cayena Lisa y la Golden Sweet (Moreira & Uguña, 2018).

1.4.1.2 Anona

La anona es un fruto que pertenece al árbol de la familia de las Anonáceas y su nombre científico es *Annona Cherimola*. El fruto tiene forma cordiforme o cónica, con un peso promedio entre 150 y 500 gramos. La piel puede ser delgada o gruesa, suave, de color verde pálido y está cubierta de escamas o protuberancias redondas. Su pulpa es blanca, jugosa y carnosa, con un agradable aroma y un delicioso sabor semiácido (FAO, 2006).



Figura 1.2 Cultivo de anona
(encolombia, 2020)

1.4.1.3 Maracuyá

La maracuyá es una fruta perteneciente a la Familia: Passifloracea y su nombre científico es *Passiflora edulis f flavicarpa* Degener. Los frutos son bayas, globosas u ovoides, con la base y el ápice redondeado, de color amarillo, corteza dura y de pericarpo poco grueso, conteniendo numerosas semillas, cada una de las cuales está rodeada de una membrana mucilaginosa (arilo) que contiene un jugo aromático (Jaramillo Aguilar & Cañizares Chacín, 2015).



Figura 1.3 Cultivo de maracuyá
(Economía, 2015)

1.4.1.4 Naranja

La naranja es el fruto del árbol naranjo dulce, que pertenece al género *Citrus* de la familia de las Rutáceas. Esta familia comprende más de 1.600 especies. Los frutos, llamados hespérides, tienen la particularidad de que su pulpa está formada por numerosas vesículas llenas de jugo (Armas Valdiviezo, 2012).



Figura 1.4 Cultivo de naranja
(JB, 2016)

Entre las variedades comerciales de naranja cultiva en el Ecuador tenemos, la Naranja dulce (Valencia, California, Parson Brown y Hamlin) y la Naranja ácida (Naranja agria entre otras) (Armas Valdiviezo, 2012).

1.4.1.5 Limón

El limón es un fruto del árbol de la familia Rutaceae y su nombre científico es *Citrus x limon*. El árbol frutal que puede alcanzar más de 4 m de altura, cuyo fruto es el limón, y es de sabor ácido, además de extremadamente fragante que se usa en la alimentación (*Limón - EcuRed*, 2019).

Existen 4 variedades del limón que se cultivan en el país, para consumo nacional que son: limón sutil, limón criollo y lima limón, mientras que el Tahití se produce para su exportación (*Cuatro Variedades de Limón Están de Cosecha | El Comercio*, 2011).



Figura 1.5 Cultivo de limón
(Cosecha Del Limón - Diario La Hora, 2016)

1.4.1.6 Toronja

La toronja es un fruto del árbol de la familia auranciáceas y su nombre científico es *Citrus paradisi*. Su fruto es entre color amarillo y rojo es decir anaranjado redondo el más grande, el jugo o zumo es amargo y agrio dulzaino, en términos médicos reúne las propiedades del limón, la naranja, la sidra (Costales Carrera, 2013).



Figura 1.6 Cultivo de toronja
(Tipos de Cítricos | Yara Ecuador, 2020)

Entre las variedades de toronja cultivadas en el Ecuador, tenemos, la Ducan, la Marsh Seedleff y la Red blush (Costales Carrera, 2013).

1.4.2 Pulpa de las Frutas

La Pulpa de fruta es toda la parte comestible de una fruta (en buen estado y madura) la cual debe estar tamizada o triturada, este como producto de un proceso de despulpado (manual o industrial) no debe encontrarse

fermentado, ni concentrado, ni diluido. Además, la pulpa no se le debe agregar ni agua ni azúcar (Chacón, 2006).



Figura 1.7 Muestra de pulpas que genera el Cantón
[Elaboración propia]

1.4.3 Proceso de obtención de pulpa de frutas

La calidad de la pulpa de frutas obtenida como producto final, no depende tan solo del proceso de despulpado ya sea este manual o automatizado, sino también de varios procesos previos y posteriores que deben realizarse para asegurar un proceso exitoso en la obtención de la pulpa.

Tener disponibilidad de frutas con características exóticas y el manejo cuidadoso de las frutas son factores importantes que deben tomarse en cuenta para cuidar la integridad de la materia prima, previo a los procesos a realizarse (Tirira & Castro, 2014).

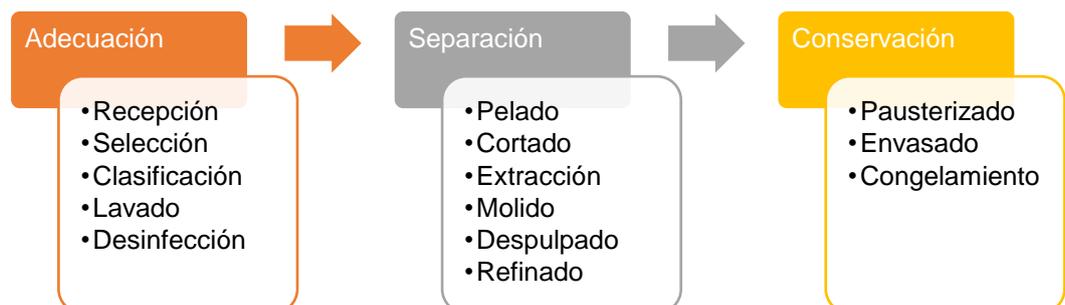


Figura 1.8 Procesos relacionados a la obtención de pulpa de frutas
(Tirira & Castro, 2014)

1.4.4 Máquinas despulpadoras

Este tipo de maquinaria es utilizada en las industrias de despulpado con el fin de realizar una correcta y rápida separación entre la cascara, la semilla y la pulpa (Saquina Bautista, 2019, pág. 9).

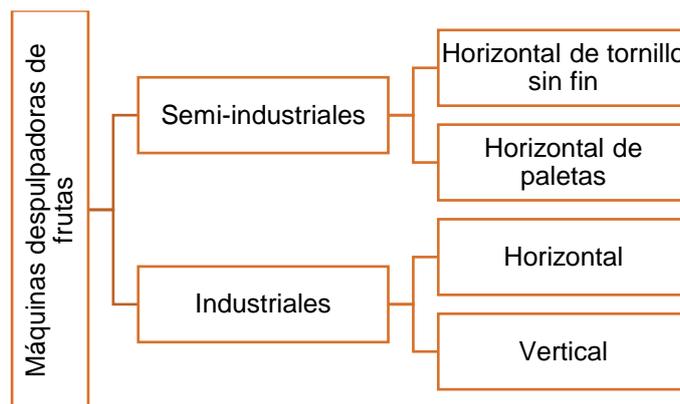


Figura 1.9 Clasificación de las máquinas despulpadoras (Tirra & Castro, 2014)

1.4.4.1 Máquinas despulpadoras semi-industriales

1.4.4.1.1 Horizontales de tornillo sin fin

Este tipo de maquinaria se diferencia del resto, cuenta con un tornillo en su interior para realizar el transporte de las frutas hacia el tamiz y presionándolo hasta realizar el despulpado (Espinoza & Julio, 2017, pág. 7).

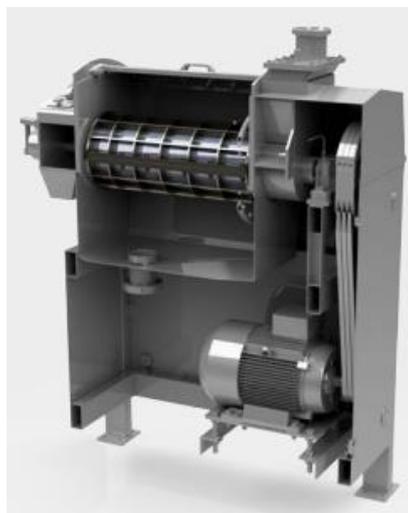


Figura 1.10 Despulpadora horizontal de tornillo sin fin (GÉMINA PROCESOS ALIMENTARIOS, 2016)

1.4.4.1.2 Horizontales de paletas

Es una versión menos eficiente de la máquina despulpadora horizontal industrial. Contiene unas paletas internas que hacen que, por fuerza centrífuga, la pulpa se filtre a través de los orificios del tamiz (Tirira & Castro, 2014).



Figura 1.11 Despulpadora horizontal de paletas
(Distribuidora IMARCA C.A., n.d.)

1.4.4.2 Máquinas despulpadoras industriales

1.4.4.2.1 Horizontal

Este tipo de máquinas se las diferencia por las paletas fijas de acero inoxidable que se encuentran en su eje horizontal. Estas máquinas realizan el despulpado mediante las paletas ya que su principal función es empujar las frutas contra el tamiz ocasionando esto la separación entre la pulpa y la cascara; normalmente estas despulpadoras tienen una capacidad de despulpado mayor a 150 Kg/h y varían según los requisitos (Saquina Bautista, 2019, pág. 11).



Figura 1.12 Despulpadora de frutas horizontal 1.8 ton/h – 3 ton/h
(Alibaba, 2020)

1.4.4.2.2 Vertical

Este tipo de máquinas es de capacidad industrial y su funcionamiento es muy parecida a una horizontal con la diferencia que esta se realiza de forma vertical contando con una bandeja de desechos en donde se depositan las cascara y semillas mientras que la pulpa sale por la parte inferior del cuerpo de la despulpadora (Saquina Bautista, 2019, pág. 12).



Figura 1.13 Despulpadora de frutas vertical
(Impulsora - Bazar gastronómico, 2020)

1.4.5 Aceros

El acero, gracias a sus propiedades se ha convertido en uno de los materiales más importante tanto en la ingeniería como en la construcción. Entre sus propiedades más importante tenemos la resistencia a la tracción, la conformabilidad y durabilidad, su buena resistencia a la fluencia, buena conductividad térmica, y, para los aceros inoxidable, la resistencia a la corrosión. Las propiedades físicas del acero están relacionadas con la física de la materia, tales como densidad, conductividad térmica, módulo de elasticidad, relación, etcétera (Total materia, s.f.).

Algunos valores típicos de las propiedades físicas del acero se encuentran entre:

- Densidad $\rho = 7.7 - 8.1$ [kg/dm³]
- Módulo de Elasticidad $E = 190 - 210$ [GPa]
- Relación de Poisson $\nu = 0.27 - 0.30$
- Conductividad Térmica $\alpha = 11.2 - 48.3$ [W/m.K]
- Expansión Térmica $a = 9 - 27$ [10⁻⁶ / K]

1.4.5.1 Aceros inoxidables grado Alimenticio

En Los aceros inoxidables son de vital importancia en las industrias alimenticias ya que entre sus características principales tenemos la resistencia a la corrosión en muchos medios ambientales soportando así la degradación. Esta propiedad es por la que se utiliza en la industria alimenticia ya que no contaminan los alimentos al transcurso del tiempo (Saquina Bautista , 2019, pág. 15).

Los aceros inoxidables al reaccionar con el oxígeno del aire desarrollan una fina capa de óxido de cromo que protege el acero de la corrosión y degradación. La capa protectora de estos aceros se vuelve a generar cada vez que la superficie del acero presenta rayones; además del cromo se pueden presentar aleaciones con otros elementos como, el níquel, molibdeno, cobre, titanio, silicio, manganeso, columbio, aluminio, nitrógeno y azufre (Saquina Bautista , 2019, pág. 15).

1.4.5.1.1 Aceros Inoxidables Martensíticos

Los aceros inoxidables martensíticos (AISI 410 y AISI 410S), son aceros nitrurados con gas N₂ en alta temperatura (aproximadamente 1100°C), usando presiones que permitieran la formación de martensita con nitrógeno en solución sólida, y cuyo contenido de intersticiales (C+N) fuera próximo al contenido de carbono del acero AISI 420 (0,35%C), usado como material de comparación.

Posteriormente todos los materiales fueron ensayados a tracción, al impacto y dureza con el fin de evaluar algunas de sus propiedades mecánicas.

Los aceros nitrurados AISI 410 y AISI 410S (llamados ahora 410N y 410SN respectivamente), fueron revenidos entre 400 y 600°C, después de ser realizado un doble refinado de grano, presentando valores de límite de resistencia, límite de fluencia y dureza, semejantes a los del acero AISI 420, y alta energía de impacto solamente en la condición de revenido a 600°C (MESA & TSCHIPTSCHIN, 2007, pág. 1).

1.4.5.1.2 Aceros Inoxidables Ferríticos

Los aceros inoxidables ferríticos, son aceros que contienen esencialmente cromo (12-30 %) junto con níquel y molibdeno en cantidades que, en general, no sobrepasan el 1 % y, en ocasiones, se les adicionan otros elementos como son el aluminio, silicio, titanio o niobio. En el presente trabajo de investigación se ha evaluado la influencia del nitrógeno presente en la atmósfera de sinterización sobre la microestructura y propiedades del acero inoxidable ferrítico AISI 430L.

Además, se ha realizado un tratamiento térmico posterior de hipertemple y maduración con el objeto de incrementar las propiedades mecánicas y a corrosión de este acero inoxidable, mediante la modificación microestructural de los nitruros complejos de hierro y cromo precipitados durante la etapa de sinterización (Ruiz-Román, Corpas, Iglesias, Cambrónero, & Ruiz Prieto, 2005, pág. 1).

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

En este capítulo se mostrará la evaluación realizada de las diferentes alternativas de diseño y criterios de selección empleados para el diseño de la máquina despulpadora de frutas. Para una selección ponderada se utilizó el método ordinal corregido de criterios ponderados donde se evaluaron dos alternativas de solución previamente identificadas a través de una tabla morfológica donde intervienen las funciones principales del equipo y los posibles medios. En la Figura 2.1, Figura 2.2 y Figura 2.3 se muestra un diagrama de flujo del modelo prescriptivo de cinco (5) etapas del proceso de diseño.

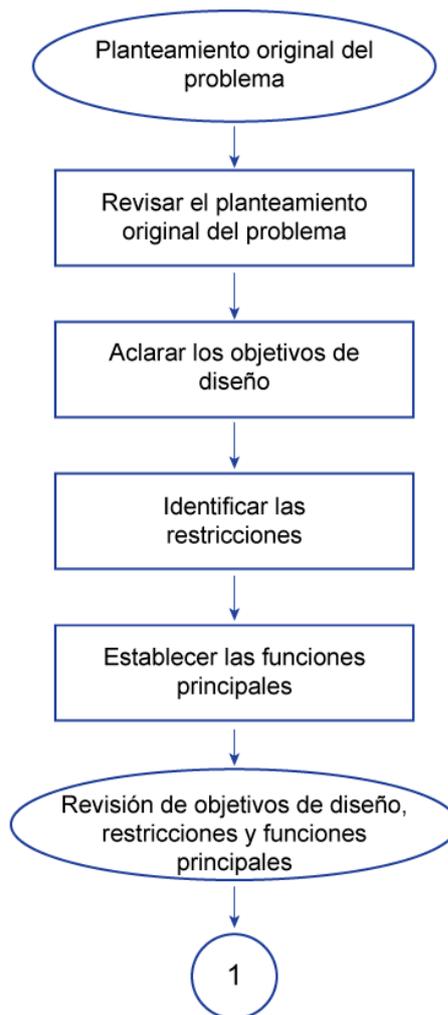


Figura 2.1 Metodología para el diseño de la máquina despulpadora de frutas (1/3)
[Elaboración propia]

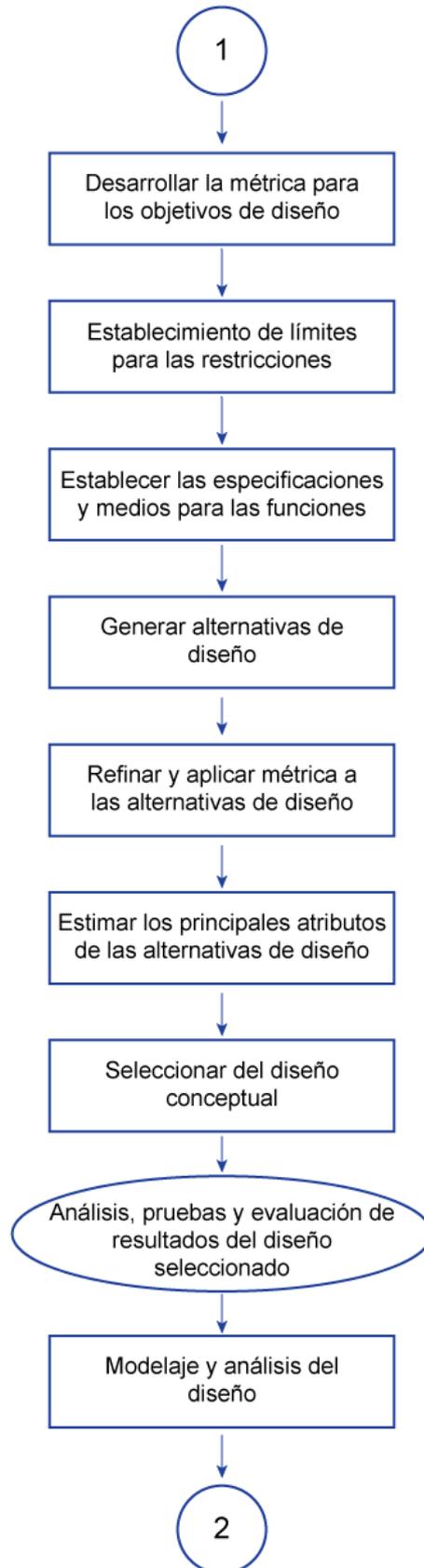


Figura 2.2 Metodología para el diseño de la máquina despulpadora de frutas (2/3)
[Elaboración propia]

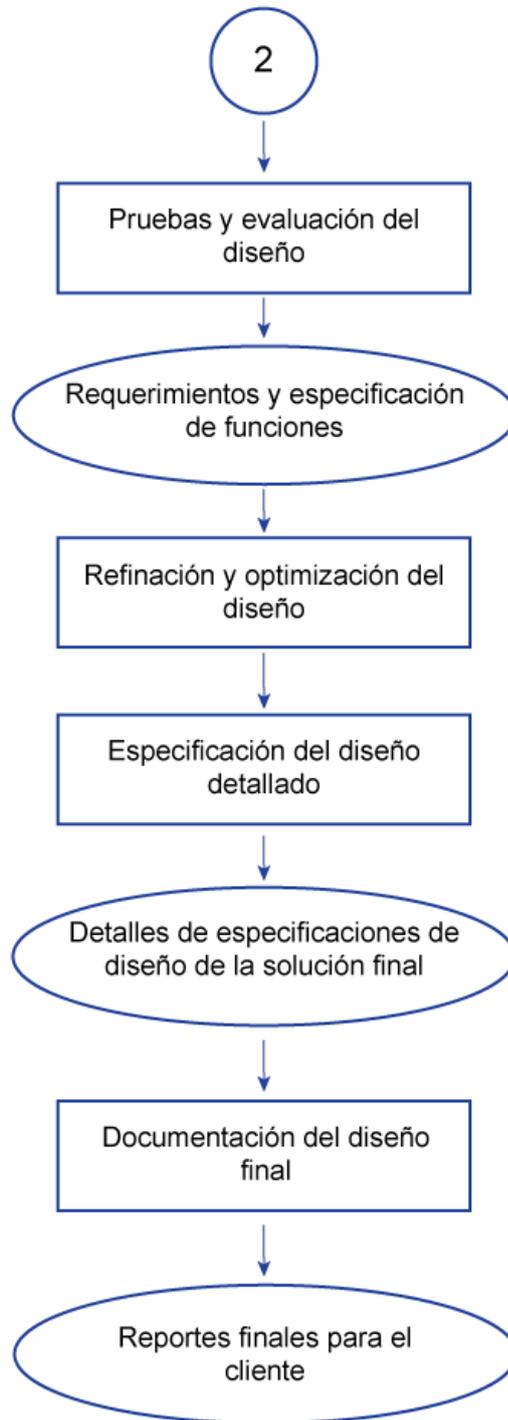


Figura 2.3 Metodología para el diseño de la máquina despulpadora de frutas (3/3)
[Elaboración propia]

2.1 Requerimientos del cliente

En la Figura A.1 se pueden observar los objetivos de diseño y las restricciones identificadas tomando en cuenta el planteamiento del cliente.

2.1.1 Análisis funcional

2.1.1.1 Caja negra

En un inicio, se definió la máquina despulpadora de frutas como un módulo principal (caja negra) que tiene como función, despulpar frutas. También, se identificaron cuatro (4) entradas tales como: energía manual, frutas, energía eléctrica y señal puesta en marcha, y dos (2) salidas tales como: pulpa de fruta y desperdicios. Además, como parte del mantenimiento de la máquina, la entrada de repuestos nuevos y salida de repuestos obsoletos.

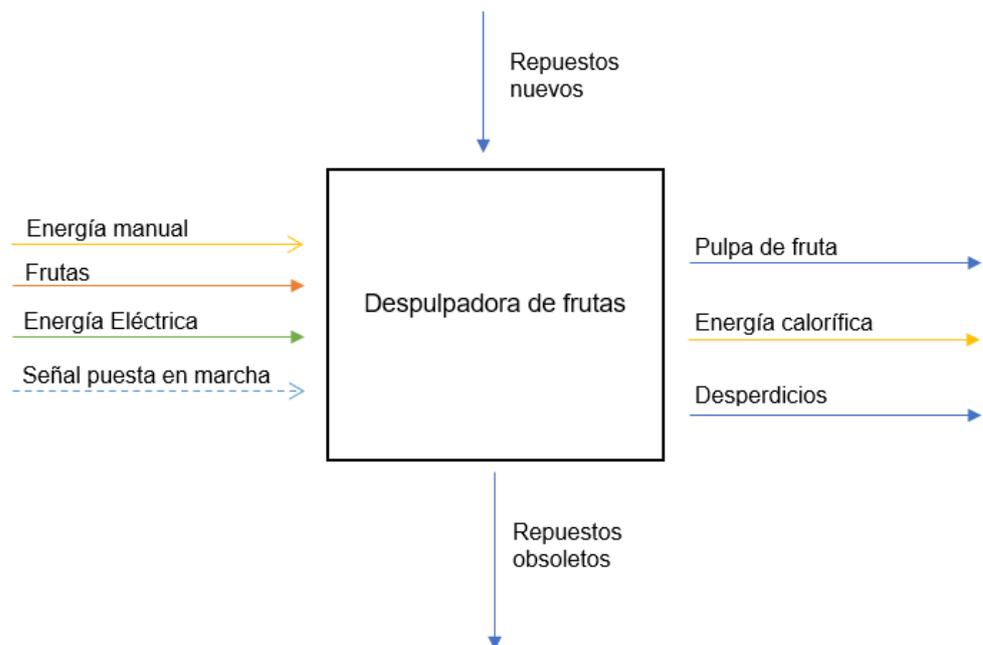


Figura 2.4 Módulo principal (caja negra) de la máquina despulpadora de frutas
[Elaboración propia]

2.1.1.2 Caja transparente

Dentro de la caja negra se identificaron cuatro (4) módulos secundarios, cada uno con sus funciones y medios respectivos. En la Figura 2.5 se pueden observar el flujo de elementos de entrada a través de los módulos hasta los elementos de salida.

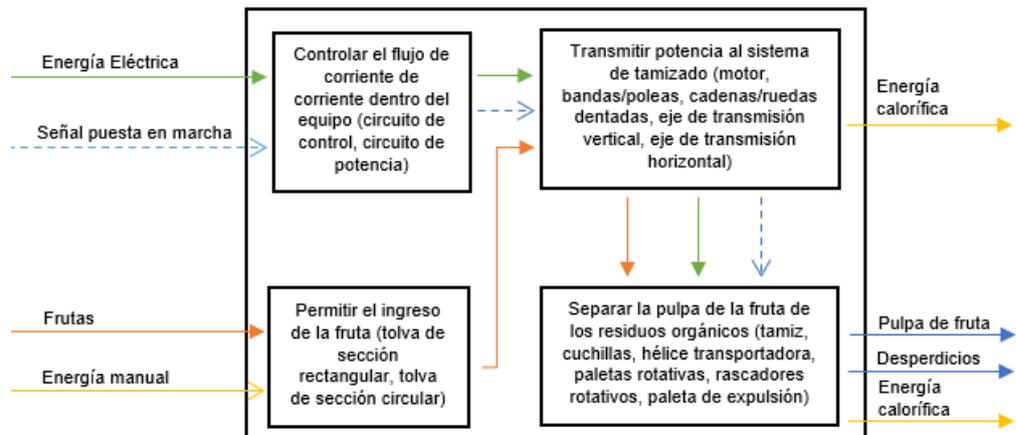


Figura 2.5 Caja transparente de la máquina despulpadora de frutas [Elaboración propia]

2.1.1.3 Definición de módulos secundarios

Los módulos o bloques funcionales secundarios identificados dentro del módulo principal son los siguientes:

- Sistema de alimentación
- Sistema eléctrico
- Sistema de transmisión mecánica
- Sistema de tamizado

2.1.1.4 Funciones y medios

En la Figura A.2 se pueden observar las funciones principales identificadas de cada módulo secundario y los posibles medios para realizarlas, además las funciones secundarias de los medios relacionados con cada módulo secundario.

2.2 Diseño conceptual

2.2.1 Requerimientos técnicos

2.2.1.1 Métricas

En la Tabla A.1 se pueden observar las métricas identificadas para cada objetivo de diseño de la máquina.

2.2.1.2 Especificaciones funcionales

En la Tabla 2.1. Se pueden observar las especificaciones relacionadas con cada función principal identificada por cada módulo secundario de la máquina.

Tabla 2.1 Especificaciones funcionales de la máquina
[Elaboración propia]

Función	Especificaciones
Permitir el ingreso de la fruta	Diversidad de producción [Baja, Media, Alta]
Controlar el flujo de corriente dentro del equipo	Tiempo de puesta en marcha [s]
Transmitir potencia al sistema de tamizado	Potencia [W]
Separar la pulpa de la fruta de los residuos orgánicos	Calidad de la producción [%], Fuerzas de desgarre [N]

2.2.2 Criterios de selección

2.2.2.1 Casa de la calidad (House of Quality)

Para determinar los criterios de selección se utilizó la casa de la calidad (HoQ) o matriz QFD (quality function deployment), la cual tradujo los requerimientos del usuario al lenguaje ingenieril, es decir, los requerimientos técnicos, y así determinamos los más importantes, los cuales fueron tomados como criterios de selección para el análisis de la máquina.

En la Tabla A.3 se pueden observar los requerimientos del usuario que comprenden: los objetivos de diseño, las restricciones y las funciones principales. En la Tabla A.4 se pueden observar los requerimientos técnicos que comprenden: las métricas de los objetivos de diseño y las especificaciones funcionales.

2.2.2.1.1 Conclusiones

En la Figura A.3 se puede observar la casa de la calidad elaborada para este proyecto, donde luego de hacer el análisis, se determinaron los siguientes criterios de selección:

- Costo de producción
- Ergonomía
- Materiales eco amigables
- Diversidad de producción
- Fuerza de desgarre

2.2.2.2 Método ordinal corregido de criterios ponderados

Este método se utiliza comparando los elementos de la fila superior con los elementos de la columna izquierda, donde se evalúan de acuerdo con las siguientes reglas:

- Valor asignado = 1: En el caso de que el elemento de la columna izquierda es mejor que el de la fila superior.
- Valor asignado = 0.5: En el caso de que el elemento de la columna izquierda es de igual importancia que el de la fila superior.
- Valor asignado = 0: En el caso de que el elemento de la columna izquierda es peor de el de la fila superior.

2.2.2.3 Ponderación de criterios de selección

Se evaluaron los criterios de selección utilizando el método ordinal corregido de criterios ponderados. En la Tabla 2.2 se puede observar que se acuerdo a las evaluaciones el costo de producción y materiales eco amigables son los criterios más importantes.

Tabla 2.2 Evaluación entre criterios de selección ponderados
[Elaboración propia]

Criterios de selección	Costo de producción	Ergonomía	Materiales eco amigables	Diversidad de producción	Fuerza de desgarre	Puntuación	Ponderación
Costo de producción	1	1	0	1	1	4	0.27
Ergonomía	0	1	0.5	0	0.5	2	0.13
Materiales eco amigables	1	0.5	1	0.5	1	4	0.27

Diversidad de producción	0	1	0.5	1	1	3.5	0.23
Fuerza de desgarre	0	0.5	0	0	1	1.5	0.10
Total						15	1

2.2.3 Selección del diseño conceptual

2.2.3.1 Alternativas de diseño

Se utilizó la tabla morfológica para generar las alternativas de diseño, donde en la columna izquierda se encuentran las funciones principales del equipo y en las columnas restantes los posibles medios por las cuales se realizan estas funciones.

Tabla 2.3 Tabla morfológica utilizada para la generación de alternativas de diseño

[Elaboración propia]

Función	Medios	1	2	3	4	5
Permitir el ingreso de la fruta		Tolva de sección rectangular	Tolva de sección circular			
Controlar el flujo de corriente dentro del equipo		Caja de control				
Transmitir potencia al sistema de tamizado		Motor eléctrico	Bandas Poleas	Cadenas Ruedas dentadas	Eje de transmisión vertical	Eje de transmisión horizontal
Separar la pulpa de la fruta de los residuos orgánicos		Tamiz	Cuchillas de corte	Paletas rotativas	Rascadores rotatorios	Paleta de expulsión

2.2.3.1.1 Primera alternativa: Máquina despulpadora de frutas horizontal

En la Tabla 2.4 se puede observar la primera combinación posible entre los medios funcionales para generar la primera alternativa de diseño, siendo esta una máquina despulpadora de frutas horizontal.

Tabla 2.4 Tabla morfológica con primera alternativa de diseño
[Elaboración propia]

Función	Medios	1	2	3	4	5
Permitir el ingreso de la fruta		Tolva de sección rectangular	Tolva de sección circular			
Controlar el flujo de corriente dentro del equipo		Caja de control				
Transmitir potencia al sistema de tamizado		Motor eléctrico	Bandas Poleas	Cadenas Ruedas dentadas	Eje de transmisión vertical	Eje de transmisión horizontal
Separar la pulpa de la fruta de los residuos orgánicos		Tamiz	Cuchillas de corte	Paletas rotativas	Rascadores rotatorios	Paleta de expulsión



Figura 2.6 Representación gráfica de primera alternativa de diseño
(JAVAR, n.d.)

2.2.3.1.2 Segunda alternativa: Máquina despulpadora de frutas vertical

En la Tabla 2.5 se puede observar la segunda combinación posible entre los medios funcionales para generar la segunda alternativa de diseño, siendo esta una máquina despulpadora de frutas vertical.

Tabla 2.5 Tabla morfológica con segunda alternativa de diseño
[Elaboración propia]

Función	Medios	1	2	3	4	5
Permitir el ingreso de la fruta		Tolva de sección rectangular	Tolva de sección circular			
Controlar el flujo de corriente dentro del equipo		Caja de control				
Transmitir potencia al sistema de tamizado		Motor eléctrico	Bandas Poleas	Cadenas Ruedas dentadas	Eje de transmisión vertical	Eje de transmisión horizontal
Separar la pulpa de la fruta de los residuos orgánicos		Tamiz	Cuchillas de corte	Paletas rotativas	Rascadores rotatorios	Paleta de expulsión



Figura 2.7 Representación gráfica de segunda alternativa de diseño
(Gorrión Equipos Gastronómicos, n.d.)

2.2.3.2 Selección de alternativa

Una vez que se tuvo claro las alternativas de diseño, se utilizó el método ordinal corregido de criterios ponderados para de acuerdo con cada criterio de selección determinar cual es la mejor alternativa.

Tabla 2.6 Evaluación del costo de producción
[Elaboración propia]

Costo de producción	Alternativa 1	Alternativa 2	Puntuación	Ponderación
Alternativa 1	1	0.5	1.5	0.5
Alternativa 2	0.5	1	1.5	0.5
Total			3	1

Tabla 2.7 Evaluación de la ergonomía
[Elaboración propia]

Ergonomía	Alternativa 1	Alternativa 2	Puntuación	Ponderación
Alternativa 1	1	1	2	0.67
Alternativa 2	0	1	1	0.33
Total			3	1

Tabla 2.8 Evaluación de los materiales eco amigables
[Elaboración propia]

Materiales eco amigables	Alternativa 1	Alternativa 2	Puntuación	Ponderación
Alternativa 1	1	0.5	1.5	0.5
Alternativa 2	0.5	1	1.5	0.5
Total			3	1

Tabla 2.9 Evaluación de la diversidad de producción
[Elaboración propia]

Diversidad de producción	Alternativa 1	Alternativa 2	Puntuación	Ponderación
Alternativa 1	1	1	2	0.67
Alternativa 2	0	1	1	0.33
Total			3	1

Tabla 2.10 Evaluación de la fuerza de desgarre
[Elaboración propia]

Fuerza de desgarre	Alternativa 1	Alternativa 2	Puntuación	Ponderación
Alternativa 1	1	1	2	0.67
Alternativa 2	0	1	1	0.33
Total			3	1

2.2.3.2.1 Conclusiones

Se seleccionó la alternativa de diseño que más se ajustó a los criterios de selección. En la Tabla 2.11 se puede observar que la Alternativa 1 cumple como mejor alternativa de diseño.

Tabla 2.11 Tabla de conclusiones de selección de alternativas
[Elaboración propia]

Conclusión	Costo de producción	Ergonomía	Materiales eco amigables	Diversidad de producción	Fuerza de desgarre	Puntuación	Prioridad
Alternativa 1	0.5*0.247	0.67*0.13	0.5*0.27	0.67*0.23	0.67*0.10	0.58	1
Alternativa 2	0.5*0.27	0.33*0.13	0.5*0.27	0.33*0.23	0.33*0.10	0.42	2

2.3 Diseño preliminar

Una vez hecha la evaluación de las alternativas se concluyó que la alternativa de diseño que cumple con los requerimientos del cliente es la máquina despulpadora de frutas horizontal. A continuación, se muestra un diseño de forma de la máquina seleccionada.

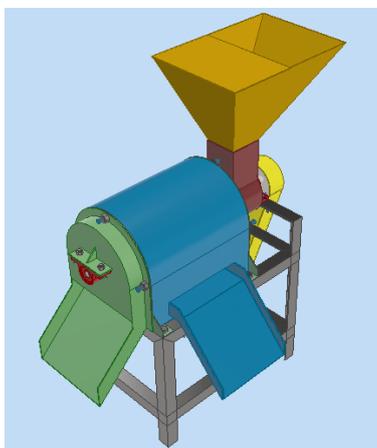


Figura 2.8 Vista isométrica en perspectiva de diseño de forma
[Elaboración propia]

2.3.1 Partes principales de alternativa seleccionada

En las Figuras 2.9, 2.10 y 2.11 se muestran las partes principales de la máquina seleccionada.

En las Tablas 2.12, 2.13, 2.14, 2.15 y 2.16 se pueden observar los nombres de los elementos de la máquina con los materiales propuestos inicialmente antes de comenzar con el diseño detallado.

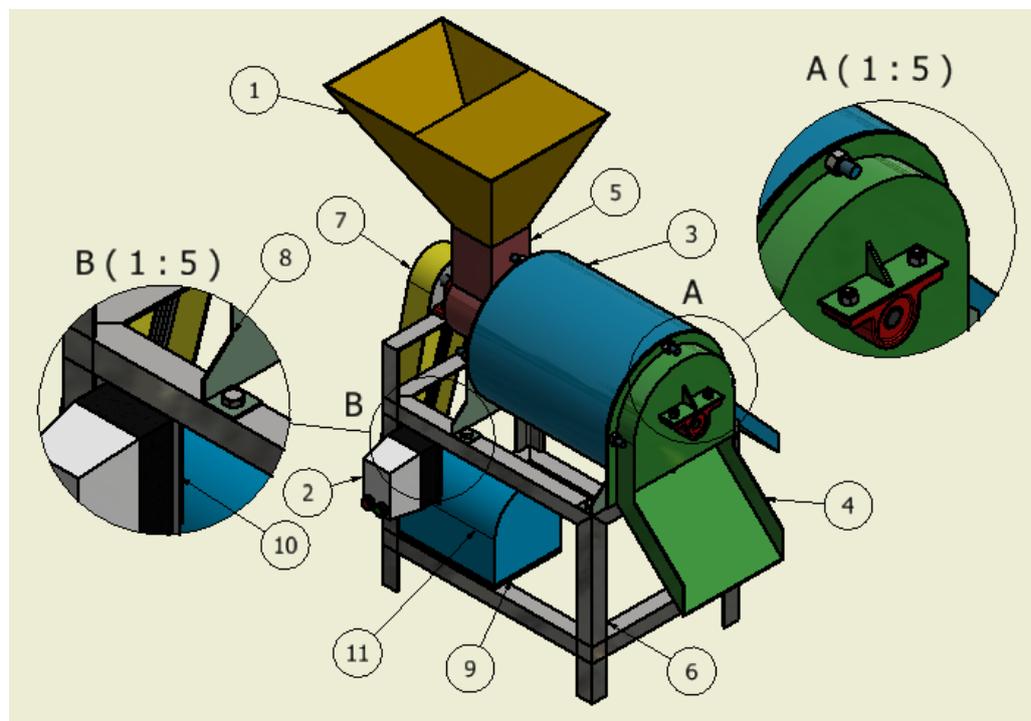


Figura 2.9 Partes principales de alternativa seleccionada (1/3)
[Elaboración propia]

Tabla 2.12 Descripción de elementos del sistema de alimentación
[Elaboración propia]

Sistema de alimentación			
Elemento	Cantidad	Nombre de pieza	Descripción
1	1	Tolva rectangular	Acero Inoxidable

Tabla 2.13 Descripción de elementos del sistema eléctrico
[Elaboración propia]

Sistema eléctrico			
Elemento	Cantidad	Nombre de pieza	Descripción
2	1	Arrancador directo	Normalizado

Tabla 2.14 Descripción de elementos del sistema estructural
[Elaboración propia]

Sistema estructural			
Elemento	Cantidad	Nombre de pieza	Descripción
3	1	Estructura salida de pulpa	Acero Inoxidable
4	1	Estructura salida de residuos	Acero Inoxidable
5	1	Estructura entrada de materia prima	Acero Inoxidable
6	1	Base estructura	Perfil estructural
7	1	Protector poleas	Acero Inoxidable
8	2	Placa soporte estructura salida de pulpa	Acero Inoxidable
9	1	Placa soporte motor	Acero Inoxidable
10	1	Placa soporte arrancador directo	Acero Inoxidable
11	1	Protector motor eléctrico	Acero Inoxidable

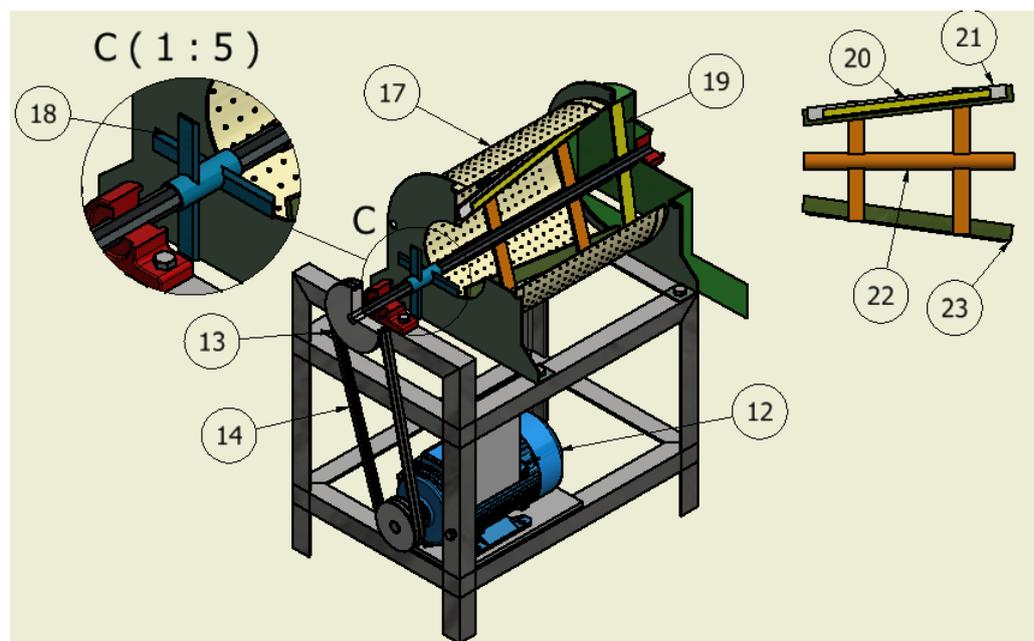


Figura 2.10 Partes principales de alternativa seleccionada (2/3)
[Elaboración propia]

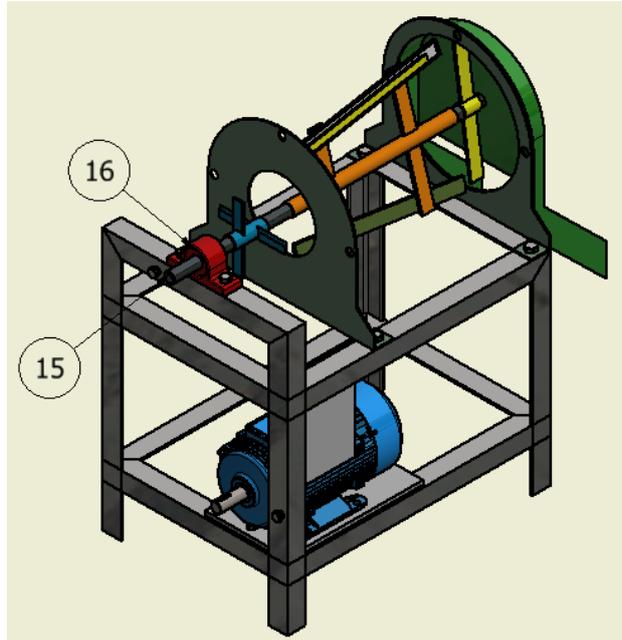


Figura 2.11 Partes principales de alternativa seleccionada (3/3)
[Elaboración propia]

Tabla 2.15 Descripción de elementos del sistema de transmisión mecánica
[Elaboración propia]

Sistema de transmisión mecánica			
Elemento	Cantidad	Nombre de pieza	Descripción
12	1	Motor eléctrico	Selección
13	2	Poleas	Selección
14	Selección	Correas trapezoidales	Selección
15	1	Eje de transmisión horizontal	Acero Inoxidable
16	2	Chumaceras de piso	Normalizadas

Tabla 2.16 Descripción de elementos del sistema de tamizado
[Elaboración propia]

Sistema de tamizado			
Elemento	Cantidad	Nombre de pieza	Descripción
17	1	Tamiz	Acero Inoxidable
18	1	Cuchillas de corte	Acero Inoxidable
19	1	Paletas de expulsión	Acero Inoxidable
20	2	Sujeta rascadores	Acero inoxidable

21	2	Rascadores	Material sintético
22	1	Eje soporte rascadores	Acero inoxidable
23	2	Soporte rascadores	Acero inoxidable

2.4 Parámetros necesarios de las frutas

Antes de comenzar con los cálculos teóricos, fue necesario obtener ciertos parámetros de las frutas a despulpar, para lo cual se realizó un proceso investigativo, tomando datos experimentales directamente de las frutas con instrumentos a nuestro alcance.



Figura 2.12 Tomalá y Vallejo realizando experimentación (2020)
[Elaboración propia]

2.4.1 Condiciones de entrada de las frutas

Para evitar contaminación por residuos de pesticidas, se determinó que las frutas tienen que entrar sin su cáscara, a excepción del maracuyá que entrará solo la mezcla de pulpa-pepas. Además, se determinó la cantidad de cortes hechos por cada fruta antes de entrar.

En la Tabla 2.17 se pueden observar las condiciones de entrada de las frutas a despulpar.

Tabla 2.17 Condiciones de entrada de las frutas a despulpar
[Elaboración propia]

Fruta	Descripción	Representación gráfica
Limón	Pelado y cortado en la mitad	
Naranja	Pelada y cortada en cuatro partes iguales	
Toronja	Pelada y cortada en cuatro partes iguales	
Maracuyá	Mezcla pulpa + pepas	
Piña	Pelada y cortada en 8 partes iguales	
Anona	Pelada y cortada en la mitad	

2.4.2 Propiedades físicas de las frutas

En un principio, se registró la cantidad de cáscara, pulpa y desechos, de las frutas en cuestión. Estos datos nos permitieron conocer valores estimados del aprovechamiento de la pulpa por cada fruta.

Tabla 2.18 Valores porcentuales estimados de masa de cada fruta a despulpar
[Elaboración propia]

Fruta	Cantidad de cáscara [%]	Cantidad pulpa [%]		Cantidad de desechos [%]	
		Total	Parcial	Total	Parcial
Naranja	24	41	54	35	46
Limón					
Toronja					
Maracuyá					
Piña	35	54	84	11	16
Anona	25	66	89	9	11

También, se tomaron varias muestras de las frutas peladas para determinar valores de longitud mayor que junto con la cantidad de cortes hechos por fruta sirvieron para determinar las medidas referenciales de los elementos de la máquina. Además, la masa y volumen para determinar la densidad promedio por cada fruta.



Figura 2.13 Balanza utilizada en las mediciones experimentales
[Elaboración propia]

En las Tablas A.4 A.5, A.6, A.7, A.8 y A.9 se pueden observar las mediciones realizadas por cada fruta. En la Tabla 2.20 se pueden observar los valores promedios para cada fruta.

Tabla 2.19 Valores promedios medidos de las frutas a despulpar
[Elaboración propia]

Fruta	Diámetro mayor de fruta pelada [mm]	Masa de fruta pelada [kg]	Volumen de fruta pelada [m ³]	Densidad estimada [kg/m ³]
Naranja	70.22	0.190	1.87E-04	1005.50
Limón	36.96	0.024	2.25E-05	1062.43
Toronja	90.21	0.342	3.52E-04	972.92
Maracuyá	-	0.120	1.69E-04	713.53
Piña	185.12	1.848	1.79E-03	1030.61
Anona	77.03	0.183	1.80E-04	1015.08

También, se midieron experimentalmente longitudes de las pepas de las frutas (ancho, espesor y altura) que sirvieron para los cálculos relacionados al tamiz.



Figura 2.14 Vernier utilizado para las mediciones
[Elaboración propia]

En las Tablas A.10, A.11, A.12, A.13 y A.14 se pueden observar las mediciones realizadas a las pepas de cada fruta. En la Tabla 2.21 se puede observar el valor promedio crítico de longitud por cada fruta.

Tabla 2.20 Valores promedio medidos de las pepas de las frutas a despulpar
[Elaboración propia]

Fruta	Longitud menor de la pepa [mm]
Naranja	4.68
Limón	3.24
Toronja	4.75
Maracuyá	1.94
Piña	-
Anona	6.58

2.4.3 Estimación de la fuerza de corte

Para el diseño de las cuchillas de corte del equipo se necesita conocer la fuerza mínima que se necesita para cortar la fruta crítica. Este dato no se lo encontró en alguna referencia bibliográfica, debido a esto, se armó un sistema que utiliza un dinamómetro para estimar experimentalmente esta fuerza.



Figura 2.15 Dinamómetro utilizado para la experimentación
[Elaboración propia]

Para estimar la fuerza de corte se utilizó la siguiente ecuación:

$$F_c \cong \frac{253.0 F_d + 457.6}{144.0 - r_m} \quad (2.1)$$

Donde:

F_c = Fuerza de corte estimada [N]

F_d = Lectura de fuerza en el dinamómetro [N]

r_m = Radio de medición [mm]

En las Tablas A.15, A.16, A.17, A.18 y A.19 se pueden observar las mediciones experimentales de fuerza de corte para cada fruta. En la Tabla 2.22 se puede observar el valor promedio de fuerza de corte por cada fruta.

Tabla 2.21 Valores promedio de fuerza de corte por cada fruta
[Elaboración propia]

Fruta	Fuerza de corte [N]
Naranja	44.64
Limón	35.72
Toronja	68.58
Maracuyá	-
Piña	58.45
Anona	18.29

2.4.4 Conclusiones

Luego de la experimentación realizada, se concluye que las todas las frutas tienen una densidad similar a la del agua, por lo tanto, la máquina no tendrá problemas por atascos debido a una alta densidad, sin embargo, se determinó que la fruta con mayor densidad es el limón.

Se determinó que la fruta con la pepa de longitud crítica es el maracuyá, siendo éste tomado en cuenta a la hora del diseño del tamiz.

Se determinó que la fruta que requiere mayor fuerza de corte mínima es la toronja, por lo tanto, se tomó en cuenta esta fruta como fruta crítica para los cálculos relacionados con la cuchilla de corte.

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

3.1 Dimensionamiento de tolva de alimentación

La tolva es el elemento del sistema que nos permitirá un depósito momentáneo y la canalización de las frutas hacia las cuchillas de corte, la cual, debe estar diseñada con un ángulo de inclinación de entre 50° a 60° para un desplazamiento rápido, además estará construida de acero inoxidable AISI 304 para evitar el rápido desgaste y la posible contaminación al producto final.

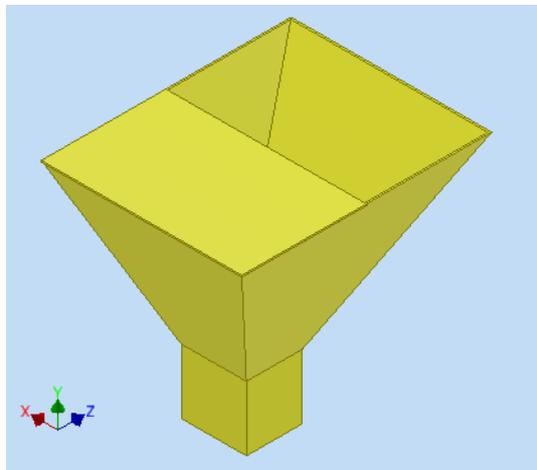


Figura 3.1 Representación gráfica de la tolva de alimentación (Autodesk Inventor Student, 2018)

En la Figura 3.2 se muestran las medidas generales de la tolva de alimentación. En el Apéndice C se pueden observar las dimensiones con más detalle.

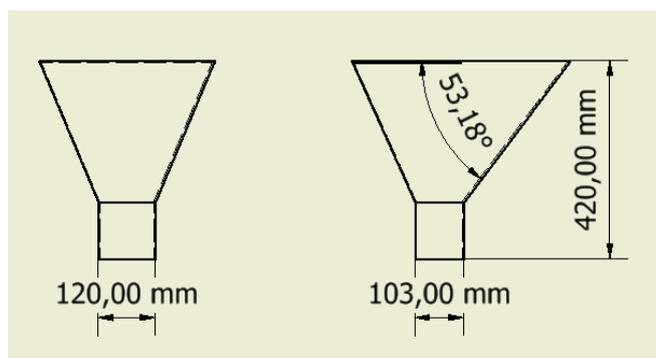


Figura 3.2 Medidas de la tolva de alimentación seleccionada [Elaboración propia]

3.2 Diseño de cuchilla de corte

3.2.1 Dimensionamiento

El sistema de cuchillas de corte dimensionado está compuesto por 4 cuchillas soldadas a un bocín, dispuestas en pares dispuestas como se muestra en la Figura 3.3 Además, el bocín contiene un agujero de 4 mm donde se alojará el prisionero que ensamblará el bocín con el eje de transmisión. El material del cual está hecho el sistema de cuchillas es el Acero AISI 304.

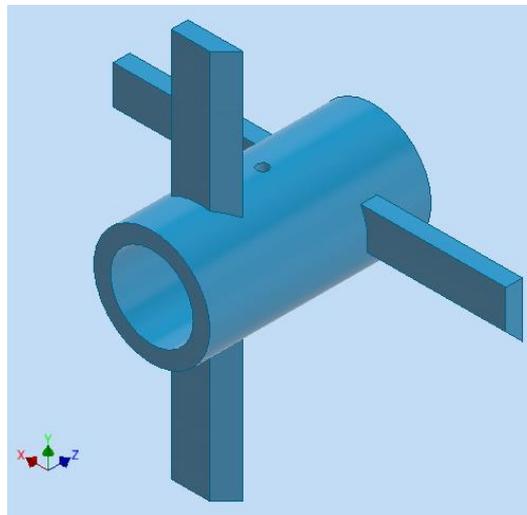


Figura 3.3 Representación gráfica de las cuchillas de corte (Autodesk Inventor Student, 2018)

En la Figura 3.4 se puede observar las dimensiones generales del sistema de cuchillas. En el Apéndice C, se puede observar con más detalle el dimensionamiento de las cuchillas de corte.

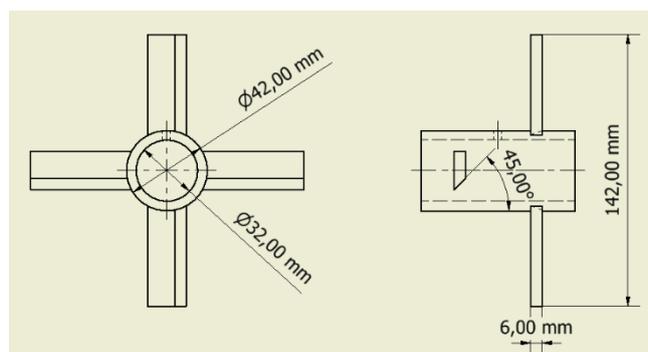


Figura 3.4 Dimensiones generales de las cuchillas de corte [Elaboración propia]

Se realizaron cálculos de diseño para un análisis estático y en fatiga, donde se determinó un factor de seguridad por análisis de fatiga, de 2.62, siendo este un valor que permite que el sistema no falle cuando esté operativo. En el Apéndice B se muestran los cálculos relacionados a las cuchillas de corte.

3.2.2 Análisis en Autodesk Inventor Student

En la Figura 3.5 se muestra la concentración de esfuerzos por análisis estático, en toda la superficie del sistema de cuchillas de corte. Se puede observar también que se muestra el valor máximo de esfuerzo que representa una mayor concentración de esfuerzos en ese punto.

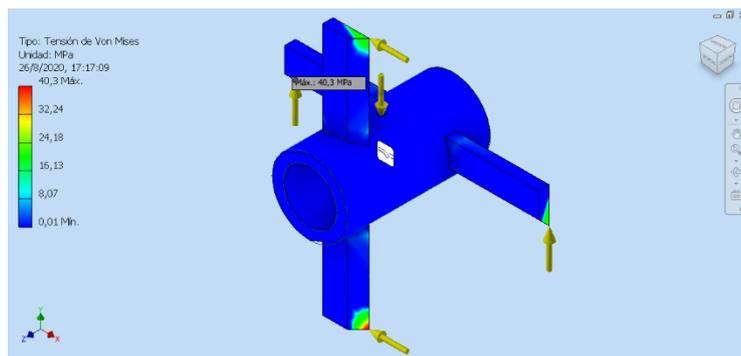


Figura 3.5 Análisis de esfuerzos estático en las cuchillas de corte (Autodesk Inventor Student, 2018)

La Figura 3.6 se muestra la cantidad de ciclos de vida útil que tendrá esta pieza antes de fallar por fatiga. Este elemento fue diseñado para un millón de ciclos, lo que le garantiza una “vida infinita”.



Figura 3.6 Ciclo de vida por análisis de fatiga en las cuchillas de corte (Autodesk Inventor Nastran Student, 2018)

La Figura 3.7 muestra el factor de seguridad por análisis de fatiga en el sistema de cuchillas. Según este análisis, el factor de seguridad por análisis de fatiga, más bajo, es de aproximadamente 11, lo cual asegura que el elemento soportará las condiciones de trabajo sin ningún problema.

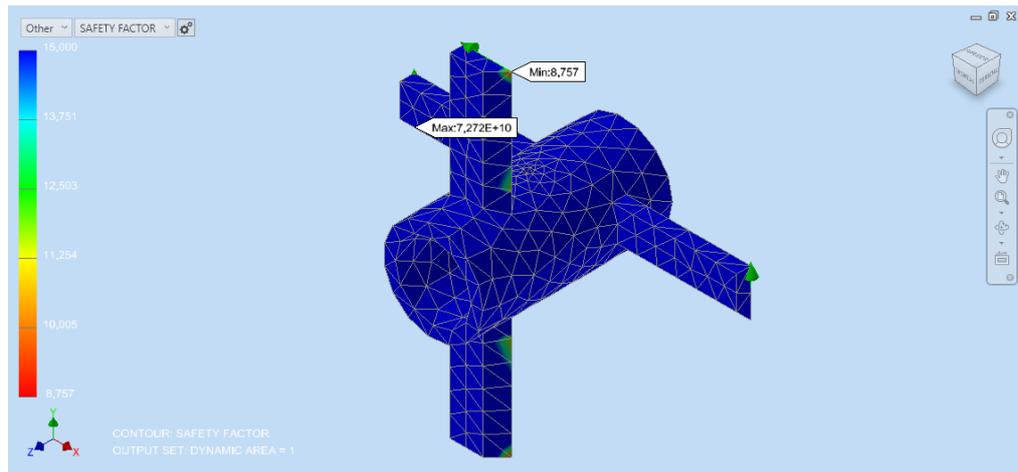


Figura 3.7 Factor de seguridad por análisis de fatiga en las cuchillas de corte (Autodesk Inventor Nastran Student, 2018)

3.3 Diseño de Rascadores rotatorios y selección del motor

3.3.1 Determinación de la inercia y energía cinética rotacional del agitador

El sistema de contiene los rascadores consta de partes tales como, un bocín, láminas, soporte del rascador, rascador y sujeta rascador, el cual, hemos llamado agitador. En la Figura 3.8 se muestra el agitador y sus partes.

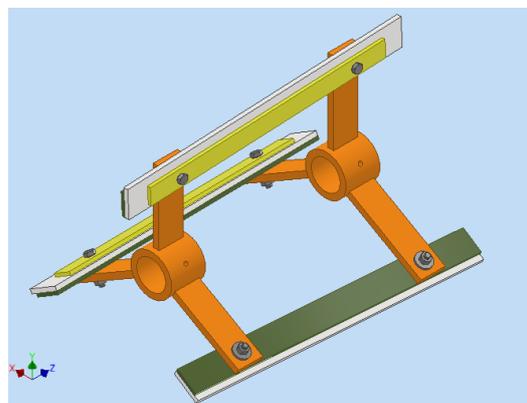


Figura 3.8 Agitador y sus partes (Autodesk Inventor Student, 2018)

La inercia total del agitador es de $0.1271 [Kg * m^2]$ y la energía cinética rotacional es $174.23 [Nm]$. Los cálculos se muestran en el Anexo B.

3.3.2 Determinación de la potencia del equipo

Las máquinas despulpadoras de frutas por lo general operan con una velocidad angular de 500 RPM, que, realizada la conversión, representa un valor de 52.36 rad/s . La potencia requerida por el equipo es de $1.25 [HP]$. Los cálculos se muestran en el Apéndice B.

3.3.3 Selección del motor

Para la selección del motor se considera un factor de trabajo de 1.5 que, multiplicado por la potencia requerida por el equipo, nos da una potencia corregida de $1.75 [HP]$. Del catálogo de motores eléctricos WEG seleccionamos un motor trifásico serie S90, de $2 [HP]$ y de 1750 RPM a 60 Hz. En las Figuras A.13 y A.14 se muestran las características del motor eléctrico seleccionado.

El lugar donde trabajará el equipo es una zona rural donde existen redes eléctricas de alta tensión, pero son muy escasas. La mayoría de las casas cuentan con un voltaje de 110V, por lo tanto, se optó por un motor eléctrico “monofaseado”, el cual es un término que indica al fabricante pasar un motor trifásico a un monofásico, a través de un arreglo de capacitores.

3.3.4 Diseño de rascadores rotatorios

3.3.4.1 Dimensionamiento

Los rascadores rotatorios se encuentran ubicados entre soporte del rascador y el sujeta rascador por medio de conexión por perno. Además, se encuentran sobresaliendo 5 mm para efectuar su labor de presionar la fruta contra el tamiz.

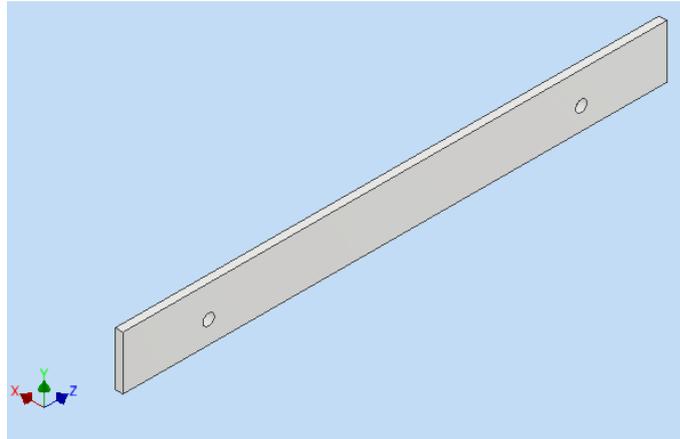


Figura 3.9 Representación gráfica del rascador rotatorio (Autodesk Inventor Student, 2018)

Para el material del rascador se seleccionó el Nylon, debido a que este material cumple con nuestros requerimientos tales como resistencia mecánica menor a la del acero inoxidable, no contaminación a las frutas y bajo en peso, además, de que es un material que fácilmente podemos encontrar en el mercado ecuatoriano. En la Figura 3.10 se muestran las dimensiones generales del rascador y en el Apéndice C se puede observar con más detalle el dimensionamiento del rascador.

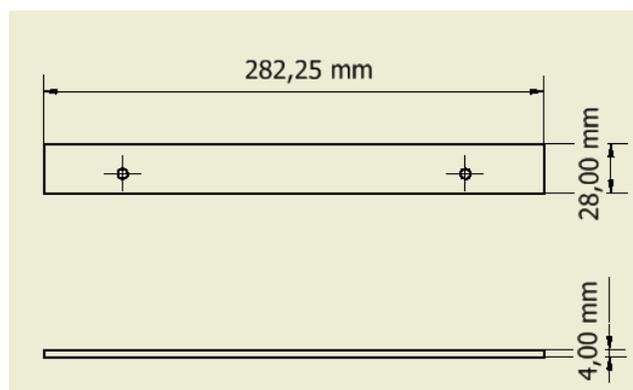


Figura 3.10 Dimensiones del rascador rotatorio [Elaboración propia]

Se realizaron cálculos de diseño para un análisis estático y en fatiga, donde se determinó un factor de seguridad por análisis de fatiga, de 3.20, siendo este un valor que permite que el sistema no falle cuando esté operativo. En el Apéndice B se muestran los cálculos relacionados al rascador.

3.3.4.2 Análisis en Autodesk Inventor Student

En la Figura 3.11 se muestra la concentración de esfuerzos por análisis estático, en toda la superficie del rascador. Se puede observar también que se muestra el valor máximo de esfuerzo que representa una mayor concentración de esfuerzos en ese punto.



Figura 3.11 Análisis de esfuerzos estático de rascador (Autodesk Inventor Student, 2018)

La Figura 3.12 se muestra la cantidad de ciclos de vida útil que tendrá esta pieza antes de fallar por fatiga. Este elemento fue diseñado para un millón de ciclos, lo que le garantiza una “vida infinita”.



Figura 3.12 Ciclo de vida por análisis de fatiga en el rascador (Autodesk Inventor Nastran Student, 2018)

La Figura 3.13 muestra el factor de seguridad por análisis de fatiga en el sistema de cuchillas. Según este análisis, el factor de seguridad por análisis

de fatiga, más bajo, es de aproximadamente 3.1, lo cual asegura que el elemento soportará las condiciones de trabajo sin ningún problema.

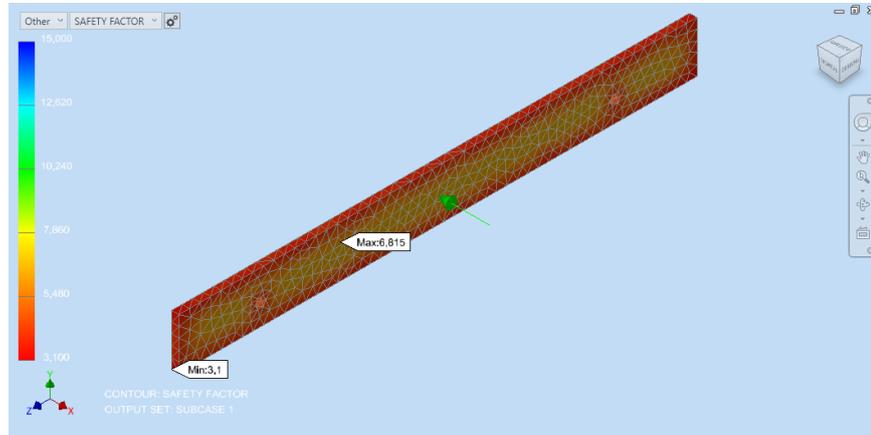


Figura 3.13 Coeficiente de seguridad por análisis de fatiga en el rascador (Autodesk Inventor Nastran Student, 2018)

3.3.5 Diseño de láminas de soporte

3.3.5.1 Dimensionamiento

Las láminas de soporte se encuentran ubicadas en pares de tal forma que forman un juego de 3 pares de láminas de soporte para los rascadores. Se encuentran soldadas a un bocín que estará ensamblado con el eje de transmisión por medio de dos prisioneros de 4 mm cada uno. Además, la geometría de las láminas está hecha para que los rascadores formen un ángulo de 3° con el eje del bocín, esto para facilitar el despulpado y separación de desechos.

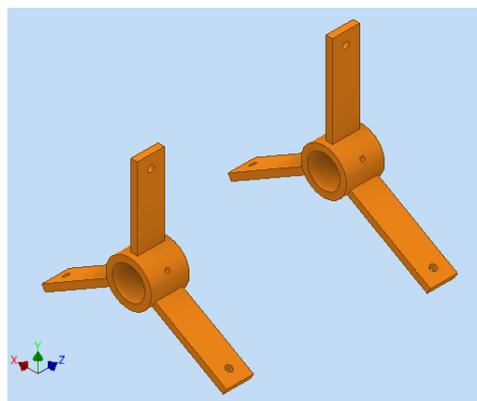


Figura 3.14 Representación gráfica de conjunto de láminas de soporte y bocín (Autodesk Inventor Student, 2018)

En la Figura 3.15 se pueden observar las dimensiones generales de las láminas de soporte. En el Apéndice C, se muestra con más detalle el dimensionamiento de las láminas.

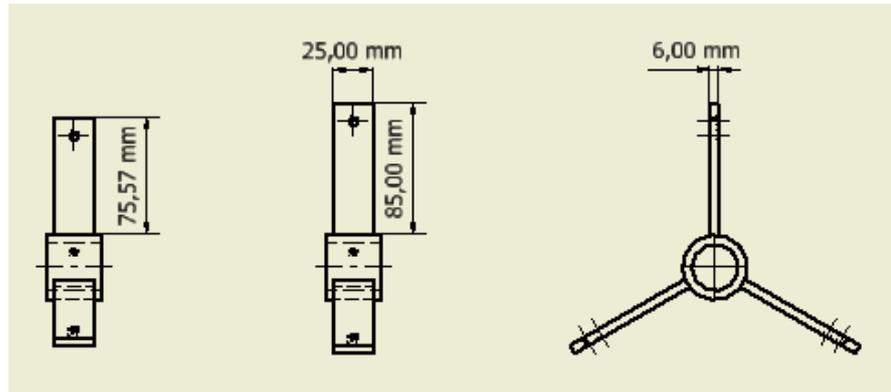


Figura 3.15 Dimensiones de láminas de soporte
[Elaboración propia]

3.3.5.2 Análisis en Autodesk Inventor Student

En la Figura 3.16 se muestra la concentración de esfuerzos por análisis estático, en toda la superficie del bocín soldado a las láminas de soporte. Se puede observar también que se muestra el valor máximo de esfuerzo que representa una mayor concentración de esfuerzos en ese punto.

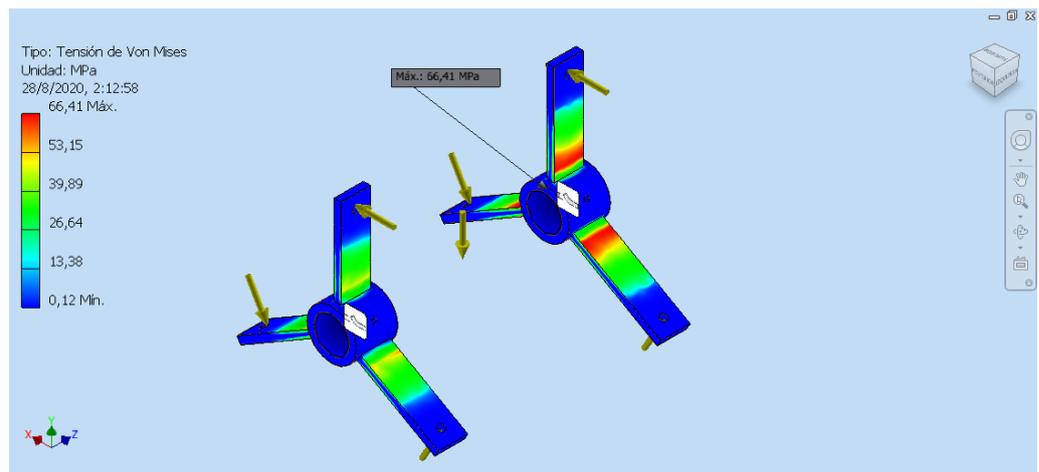


Figura 3.16 Análisis de esfuerzos estático en las láminas de soporte
(Autodesk Inventor Student, 2018)

La Figura 3.17 se muestra la cantidad de ciclos de vida útil que tendrá esta pieza antes de fallar por fatiga. Este elemento fue diseñado para un millón de ciclos, lo que le garantiza una “vida infinita”.

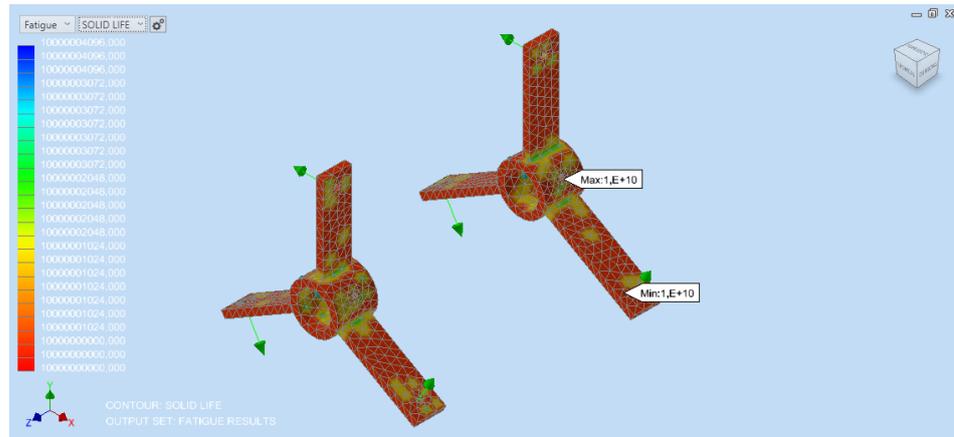


Figura 3.17 Ciclos de vida por análisis de fatiga en las láminas de soporte (Autodesk Inventor Nastran Student, 2018)

La Figura 3.18 muestra el factor de seguridad por análisis de fatiga en las láminas de soporte. Según este análisis, el factor de seguridad por análisis de fatiga en el bocín soldado a las láminas de soporte, más bajo, es de aproximadamente 3.2, lo cual asegura que el elemento soportará las condiciones de trabajo sin ningún problema.

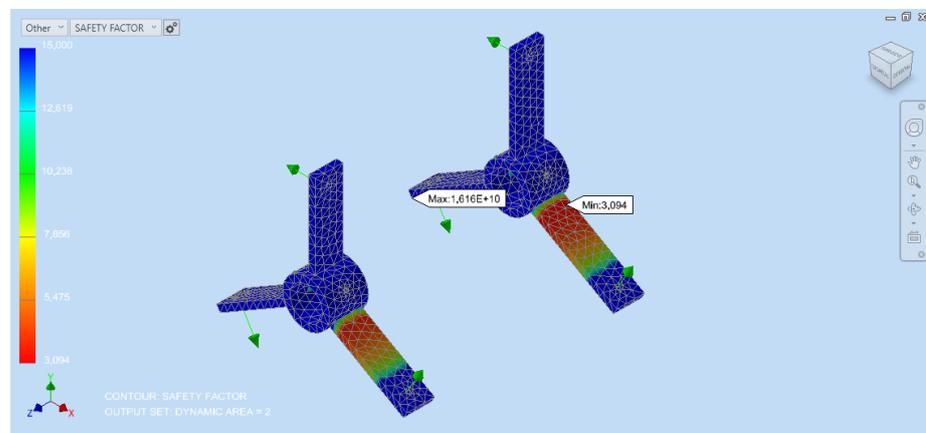


Figura 3.18 Factor de seguridad por análisis de fatiga en láminas de soporte (Autodesk Inventor Nastran Student, 2018)

3.4 Diseño de paleta de expulsión

3.4.1 Dimensionamiento

Las paletas de expulsión es un conjunto de dos láminas soldadas a un bocín y que se ensamblan al eje de transmisión por medio de un prisionero de 4 mm de diámetro. Este elemento es el último del proceso de despulpado, encargado de expulsar los residuos generados por el proceso, así evitando que se aglomeren dentro del tambor.

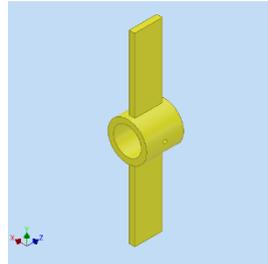


Figura 3.19 Representación gráfica de la paleta de expulsión (Autodesk Inventor Student, 2018)

En la Figura 3.20 se pueden observar las dimensiones generales de las paletas de expulsión. En el Apéndice C, se muestra con más detalle el dimensionamiento de la paleta de expulsión.

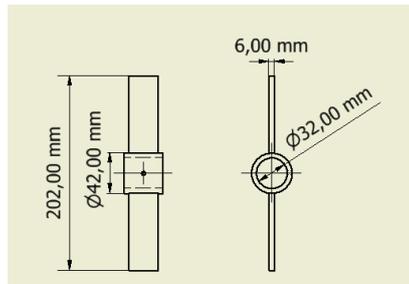


Figura 3.20 Dimensiones de la paleta de expulsión [Elaboración propia]

3.4.2 Análisis en Autodesk Inventor Student

En la Figura 3.21 se muestra la concentración de esfuerzos por análisis estático, en toda la superficie de la paleta de expulsión. Se puede observar también que se muestra el valor máximo de esfuerzo que representa una mayor concentración de esfuerzos en ese punto.

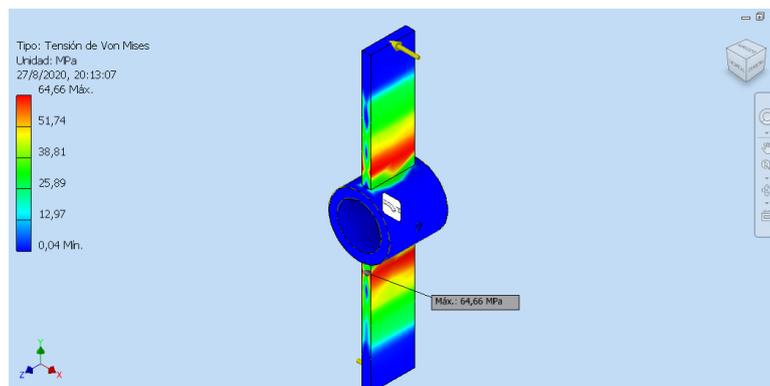


Figura 3.21 Análisis de esfuerzos estáticos en paleta de expulsión (Autodesk Inventor Student, 2018)

La Figura 3.22 se muestra la cantidad de ciclos de vida útil que tendrá esta pieza antes de fallar por fatiga. Este elemento fue diseñado para un millón de ciclos, lo que le garantiza una “vida infinita”.

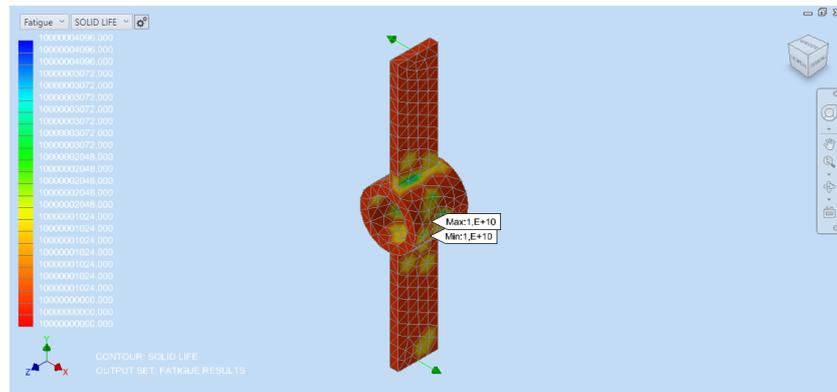


Figura 3.22 Ciclos de vida por análisis de fatiga en la paleta de expulsión (Autodesk Inventor Nastran Student, 2018)

La Figura 3.23 muestra el factor de seguridad por análisis de fatiga en la paleta de expulsión. Según este análisis, el factor de seguridad por análisis de fatiga en la paleta de expulsión, más bajo, es de aproximadamente 3.47, lo cual asegura que el elemento soportará las condiciones de trabajo sin ningún problema.

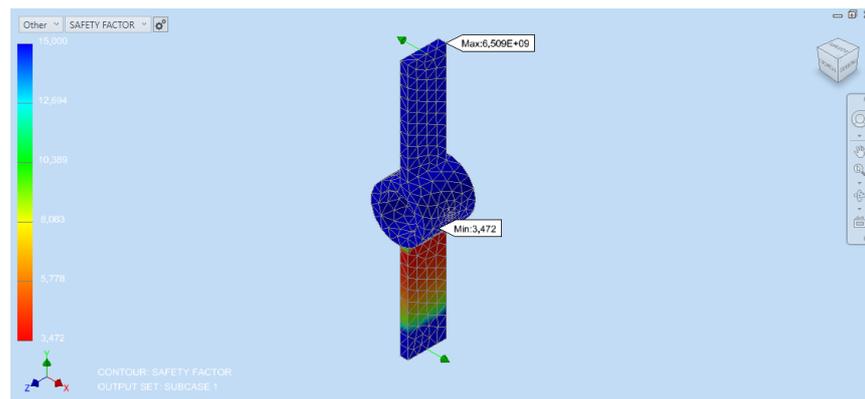


Figura 3.23 Factor de seguridad por análisis de fatiga en la paleta de expulsión (Autodesk Inventor Nastran Student, 2018)

3.5 Selección del tamiz

Para la selección del tamiz nos regimos por 2 criterios, el primero es el espacio disponible dado por el agitador, el segundo criterio está dado por la longitud

menor de las pepas de las frutas, la cual según se determinó en la sección 2.4.2, es de 1.96 [mm].

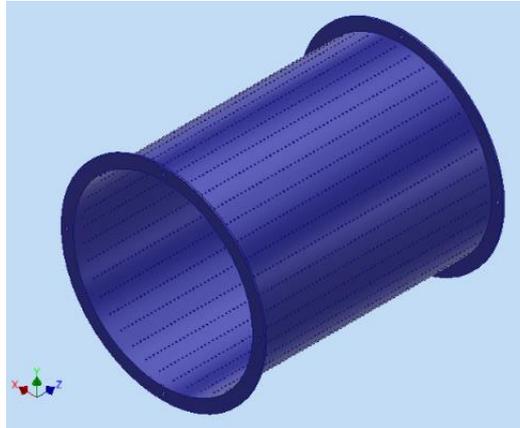


Figura 3.24 Representación gráfica del tamiz
(Autodesk Inventor Student, 2018)

Se seleccionó una lámina perforada de 1 mm de espesor y con orificios de 1.5 mm de diámetro. El material para el tamiz es acero inoxidable AISI 304.

3.6 Selección de banda y poleas de transmisión

La banda y poleas son parte del sistema de transmisión y son las encargadas de realizar la transmisión de la potencia desde el motor hacia el eje. Inicialmente, se calculó la relación de transmisión de potencia, la cual, está dada por la siguiente ecuación:

$$K = \frac{n_1}{n_2} \quad (3.1)$$

Donde:

n_1 = Velocidad angular del eje más rápido [RPM]

n_2 = Velocidad angular del eje menos rápido [RPM]

$$K = \frac{1760}{500}$$

$$K = 3.5$$

En la Figura 3.25 se muestra cuáles son los tipos de banda de alta capacidad recomendadas para la nuestra selección.

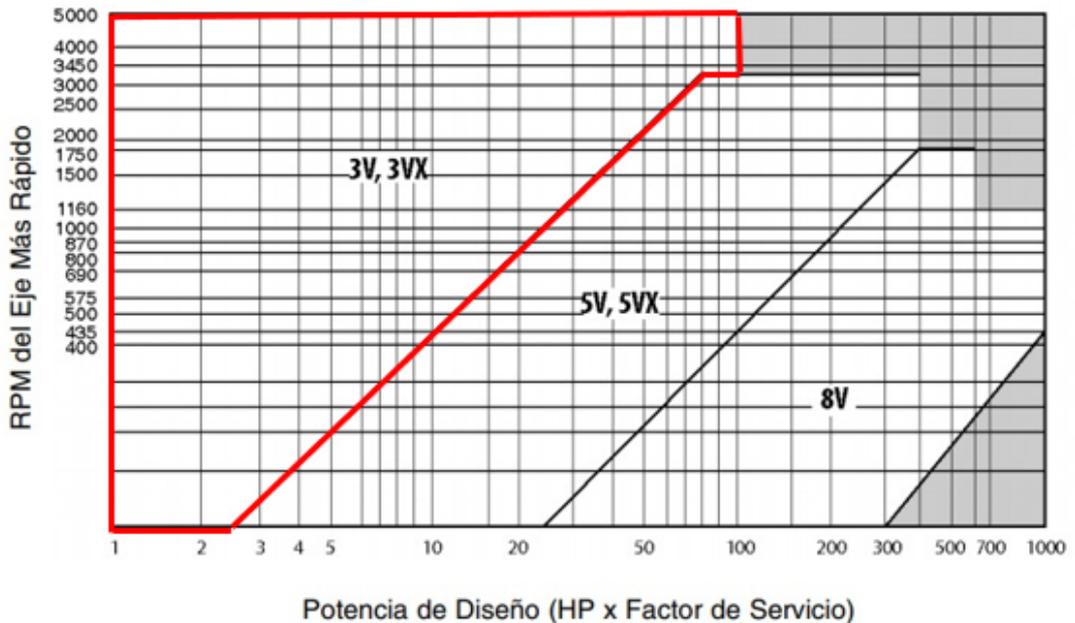


Figura 3.25 Gráfica de selección de bandas para alta capacidad (Sprocket & Gear, 2013)

Luego de comparar las dos opciones, descartamos las bandas tipo 3V debido a su incompatibilidad con la aplicación de nuestro equipo.

En la Figura 3.26 se muestra la selección realizada de la transmisión existente, que fue hecha de acuerdo con la velocidad angular del motor seleccionado (1750 RPM) y la velocidad angular del eje de transmisión (500 RPM). La selección realizada fue la siguiente:

- Diámetro de patea motriz: 2.50" (63.5 mm)
- Diámetro de patea impulsada: 8.00" (203.2 mm)
- Codificación de banda seleccionada: 3VX560
- Distancia nominal entre centros: 19.6" (497.84 mm)

Además, el factor de corrección de longitud y arco nos permitió determinar el número de bandas necesarias, el cual es 2.

3V Selección de Transmisión en Existencia



Relación de Velocidad	Combinación de Poleas		Velocidades Involucradas y HP por Banda								Distancia Nominal entre Centros y Factor de Corrección por Longitud y Arco						
			3500 RPM Motriz		1750 RPM Motriz		1100 RPM Motriz		870 RPM Motriz		Designación de Largo de Banda 2VX						
	Motriz D.E.	Impuls. D.E.	Impuls. RPM	HP por Banda 2VX	Impuls. RPM	HP por Banda 2VX	Impuls. RPM	HP por Banda 2VX	Impuls. RPM	HP por Banda 2VX	250	300	350	400	450	500	560
2.77	2.20	6.00	1265	2.93	632	1.67	419	1.18	314	0.92	5.7	8.3	11.1	13.4	15.9	18.5	21.5
2.77	6.90	19.00	1265	15.90	633	9.31	419	6.50	314	5.02	—	—	—	—	—	—	—
2.80	2.35	6.50	1248	3.42	624	1.93	414	1.36	310	1.06	—	—	7.8	10.6	12.9	15.4	17.9
2.80	2.50	6.90	1252	3.90	626	2.19	415	1.54	311	1.20	—	—	7.3	10.1	12.4	15.0	17.5
2.82	5.00	14.00	1242	11.29	621	6.36	412	4.41	309	3.41	—	—	—	—	—	—	—
FACTOR DE CORRECCIÓN POR LONGITUD Y ARCO											0.75	0.81	0.85	0.88	0.91	0.93	0.96
2.89	2.80	8.00	1211	4.86	605	2.71	401	1.89	301	1.47	—	—	8.9	11.2	13.8	16.3	19.3
2.93	3.65	10.60	1194	7.46	597	4.15	395	2.88	297	2.23	—	—	—	—	10.7	13.4	16.4
2.94	6.50	19.00	1191	15.01	596	8.71	395	6.07	296	4.68	—	—	—	—	—	—	—
2.97	4.75	14.00	1179	10.61	590	5.95	391	4.13	293	3.19	—	—	—	—	—	—	12.4
2.98	2.35	6.90	1175	3.42	588	1.93	389	1.36	292	1.06	—	—	7.4	10.2	12.5	15.1	17.6
FACTOR DE CORRECCIÓN POR LONGITUD Y ARCO											0.0	0.78	0.84	0.87	0.90	0.92	0.95
3.00	2.20	6.50	1167	2.93	583	1.67	387	1.18	290	0.92	—	—	7.9	10.7	13.0	15.5	18.0
3.06	2.65	8.00	1145	4.38	572	2.45	379	1.72	285	1.33	—	—	9.0	11.3	13.9	16.4	19.5
3.13	4.50	14.00	1116	9.92	558	5.55	370	3.85	278	2.97	—	—	—	—	—	—	12.6
3.14	8.00	25.00	—	—	558	10.94	370	7.67	277	5.93	—	—	—	—	—	—	—
3.17	10.60	33.50	—	—	552	14.52	366	10.33	274	8.02	—	—	—	—	—	—	—
FACTOR DE CORRECCIÓN POR LONGITUD Y ARCO											0.0	0.79	0.84	0.87	0.90	0.93	0.95
3.18	6.00	19.00	1099	13.84	549	7.94	364	5.52	273	4.26	—	—	—	—	—	—	—
3.19	2.20	6.90	1099	2.93	549	1.67	364	1.18	273	0.92	—	—	7.5	10.3	12.6	15.2	17.7
3.20	2.35	7.40	1095	3.52	547	2.05	363	1.47	272	1.06	—	—	—	—	—	—	—
3.24	2.50	8.00	1079	3.90	539	2.19	357	1.54	268	1.20	—	—	—	9.1	11.4	14.0	16.5
3.26	3.15	10.60	1026	5.37	514	3.51	341	2.51	250	1.78	—	—	—	—	—	—	—
FACTOR DE CORRECCIÓN POR LONGITUD Y ARCO											0.0	0.78	0.84	0.87	0.90	0.92	0.95
3.41	5.60	19.00	1025	12.85	513	7.31	340	5.08	255	3.92	—	—	—	—	—	—	—
3.43	4.12	14.00	1021	8.85	511	4.93	338	3.42	254	2.64	—	—	—	—	—	—	12.8
3.46	2.35	8.00	1013	3.42	506	1.93	336	1.36	252	1.06	—	—	9.2	11.5	14.1	16.6	19.7
3.58	3.00	10.60	979	5.49	489	3.05	324	2.13	243	1.65	—	—	—	8.5	11.2	13.8	16.9
3.61	5.30	19.00	970	12.09	485	6.84	321	4.75	241	3.67	—	—	—	—	—	—	—
FACTOR DE CORRECCIÓN POR LONGITUD Y ARCO											0.0	0.0	0.81	0.85	0.88	0.91	0.94

Figura 3.26 Características de banda seleccionada (Sprocket & Gear, 2013)

En la Figura 3.27 con la velocidad angular y potencia del motor seleccionado verificamos que el diámetro de la polea motriz es el adecuado.

POTENCIA DEL MOTOR HP	RPM DEL MOTOR					
	575	695	870	1160	1750	3450
.50	2.50	2.50	2.50	—	—	—
.75	3.00	2.50	2.50	2.50	—	—
1.00	3.00	3.00	2.50	2.50	2.25	—
1.50	3.00	3.00	3.00	2.50	2.50	2.25
2.00	3.75	3.00	3.00	2.50	2.50	2.50
3.00	4.50	3.75	3.00	3.00	2.50	2.50
5.00	4.50	4.50	3.75	3.00	3.00	2.50
7.50	4.25	4.50	4.50	3.75	3.00	3.00
10.00	6.00	5.25	4.50	4.50	3.75	3.00
15.00	6.75	6.00	5.25	4.50	4.50	3.75
20.00	8.25	6.75	6.00	5.25	4.50	4.50
25.00	9.00	8.25	6.75	6.00	4.50	4.50*
* 30.00	10.00	9.00	6.75	6.75	5.25	—
40.00	10.00	10.00	8.25	6.75	6.00	—
50.00	11.00	10.00	9.00	8.25	6.75	—
60.00	12.00	11.00	10.00	9.00	7.50	—
75.00	14.00	13.00	10.00	10.00	9.00	—
100.00	18.00	15.00	13.00	13.00	10.00	—
125.00	20.00	18.00	15.00	13.00	11.00	—
150.00	22.00	20.00	18.00	13.00	—	—
200.00	22.00	22.00	22.00	—	—	—
250.00	22.00	22.00	—	—	—	—
300.00	27.00	27.00	—	—	—	—

*NOTA: Los datos indicados sobre la línea han sido sugeridos en la norma MG 1-3.16 y MG 1-3.16A de NEMA (National Electric Manufacturers Association). Los datos indicados debajo de la línea es información recopilada por la EEM (Electric Motors Manufacturers). En ambos casos los valores son conservadores ya que algunos motores y rodamientos pueden permitir el uso de poleas de menor diámetro. Consulte al fabricante del motor.

Figura 3.27 Diámetro Mínimo Recomendado para la Polea del Motor Eléctrico (Sprocket & Gear, 2013)

3.7 Diseño del eje de transmisión horizontal

3.7.1 Dimensionamiento

Mediante análisis por fatiga se calculó el valor del diámetro crítico para el eje de transmisión, el cual fue 26.23 mm. Elegimos el valor de 30 mm, como diámetro crítico de diseño más cercano, valor que sería utilizado en la sección que corresponde al acople con los rodamientos. En el Apéndice B, se muestran los cálculos realizados para el eje de transmisión.



Figura 3.28 Representación gráfica del eje de transmisión (Autodesk Inventor Student, 2018)

En la Figura 3.29 se pueden observar las dimensiones generales del eje de transmisión. En el Apéndice C, se muestra con más detalle el dimensionamiento de este elemento.

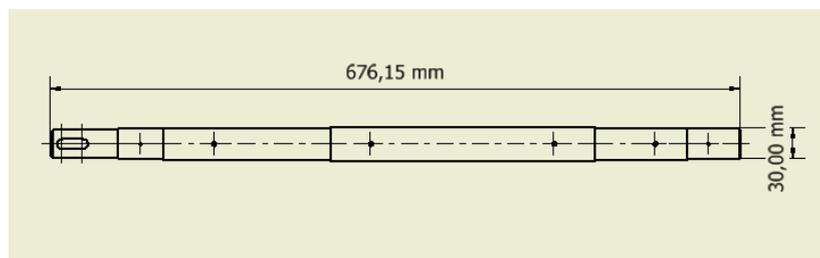


Figura 3.29 Dimensiones generales del eje de transmisión [Elaboración propia]

3.7.2 Análisis en Autodesk Inventor Student

En la Figura 3.30 se puede observar la distribución del factor de seguridad por análisis estático en la superficie del eje de transmisión. El valor mínimo corresponde a 7.13, siendo este un valor alto, lo cual nos garantiza que el elemento no fallará cuando se encuentre operativo.

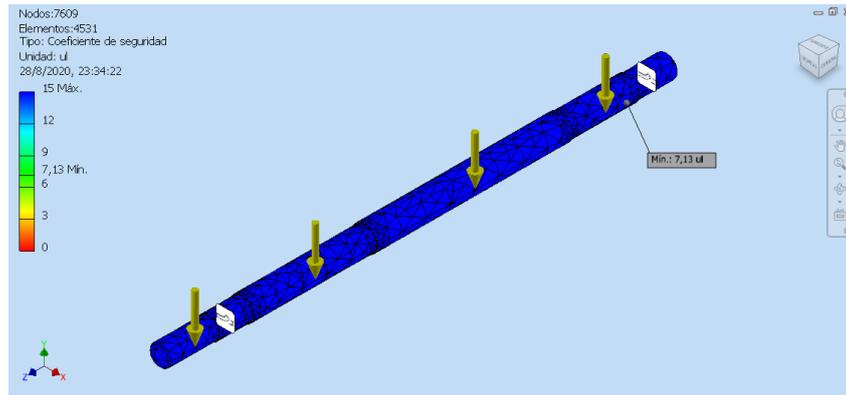


Figura 3.30 Coeficiente de seguridad estático para el eje de transmisión (Autodesk Inventor Student, 2018)

La Figura 3.31 se muestra la cantidad de ciclos de vida útil que tendrá esta pieza antes de fallar por fatiga. Este elemento fue diseñado para un millón de ciclos, lo que le garantiza una “vida infinita”.



Figura 3.31 Ciclos de vida por análisis de fatiga en el eje de transmisión (Autodesk Inventor Nastran Student, 2018)

3.8 Selección de rodamientos

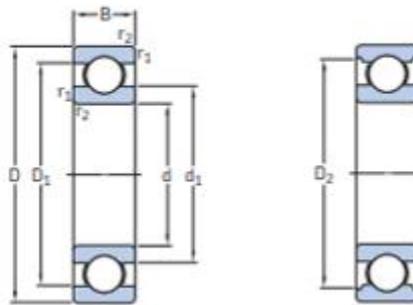
Los rodamientos son los encargados de brindarle el soporte y estabilidad al eje, además de transmitir las posibles vibraciones del sistema a la estructura. Las fuerzas que deben soportar los rodamientos son las siguientes:

$$R_1 = 600.23 [N]$$

$$R_2 = 435.39 [N]$$

Las cargas soportadas por los rodamientos son radiales y los factores a los que estarán sometidos los rodamientos son: temperatura, uso alimenticio, tipo de lubricación, velocidad y vibraciones.

En la Figura A.15 se muestra una tabla comparativa por tipo de carga a la cual están sometidos los rodamientos. De acuerdo con los requerimientos de la máquina se selecciona rodamientos de bolas de 1 hilera. En la Figura 3.32 se muestra las características del rodamiento seleccionado por catálogo el cual tiene como codificación, W 61806.



Dimensiones principales			Capacidad de carga básica		Carga límite de fatiga	Velocidades nominales		Masa	Designación
d	D	B	C	C ₀	P _e	Velocidad de referencia	Velocidad límite		
mm			kN		kN	r. p. m.		g	-
25	32	4	0,715	0,465	0,02	43 000	26 000	6,5	W 61705
	37	7	3,9	2,55	0,108	38 000	24 000	20	W 61805
	37	10	3,9	2,55	0,108	38 000	24 000	28,5	W 63805
	42	9	6,05	4,5	0,193	34 000	22 000	39,5	W 61905
	47	12	10,1	5,85	0,25	32 000	20 000	73	W 6005
	52	15	13,8	7,8	0,335	30 000	19 000	125	W 6205
30	42	9	6,05	4,5	0,193	34 000	22 000	39,5	W 61906
	47	12	10,1	5,85	0,25	32 000	20 000	73	W 6006
	52	15	13,8	7,8	0,335	30 000	19 000	125	W 6206
	57	18	17,5	9,8	0,43	28 000	17 000	188	W 6306
	62	20	19,5	11,2	0,48	26 000	16 000	228	W 6306
	72	24	24,5	14,5	0,64	22 000	14 000	340	W 6306

Figura 3.32 Especificaciones de los rodamientos (SKF, 2015)

La vida nominal básica del rodamiento seleccionado (con confiabilidad del 90%), según la Norma ISO 281 es la siguiente:

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^3 \quad (3.2)$$

Donde:

C = Capacidad de carga básica dinámica [kN]

P = Carga máxima sobre rodamiento [kN]

$$L_{10} = \left(\frac{3.58 [kN]}{0.6 [kN]} \right)^3$$

$$L_{10} = 212.42$$

La vida nominal básica del rodamiento corresponde a 6435 horas, donde contando con una producción normal de 10 horas diarias, la vida útil del rodamiento está dada a 643 días.

3.9 Selección de sistema de control

El sistema de control es el encargado de enviar la señal de encendido o de apagado dal equipo. A continuación, se presenta un diagrama en donde se representa el sistema de control a utilizar, un botón verde para encendido y un botón rojo (cuello de tortuga) para el paro del equipo, el cuál también realiza el trabajo de un paro de emergencia.

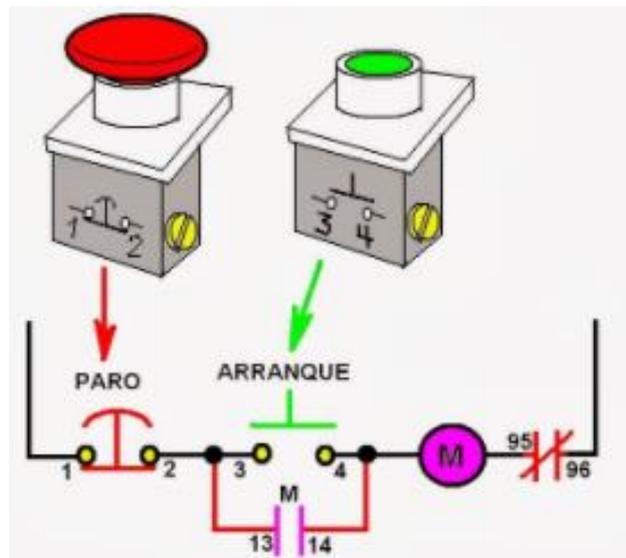


Figura 3.33 Diagrama de sistema de control a utilizar (coparoman, 2014)

Se seleccionó 2 botones iluminados para que indiquen el estado de operación de la máquina, un botón verde para equipo en marcha, un botón rojo para equipo parado y un botón de emergencia para cuando el equipo necesite realizar actividades de mantenimiento autónomo y/o paradas de emergencia.

3.10 Diseño del sistema estructural

3.10.1 Dimensionamiento

La Figura 3.34 muestra el arreglo de perfiles estructurales utilizado para el sistema estructural de la máquina despulpadora de frutas. Se utilizó un ángulo de lados iguales de $1\frac{3}{4} \times 1\frac{3}{4} \times \frac{1}{4}$ in.

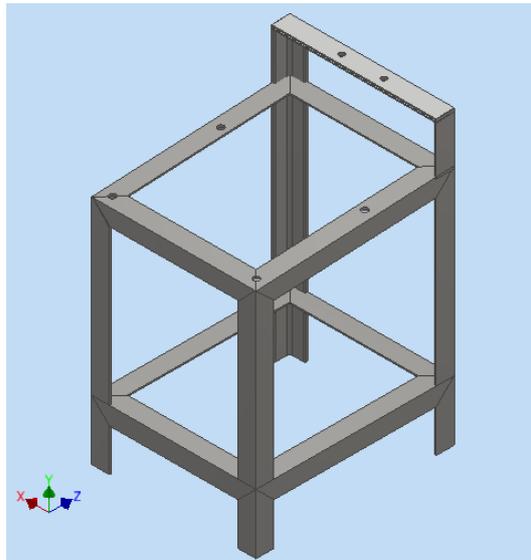


Figura 3.34 Representación gráfica del sistema estructural (Autodesk Inventor Student, 2018)

En la Figura 3.35 se pueden observar las dimensiones generales del sistema estructural. En el Apéndice C, se muestra con más detalles el dimensionamiento de este arreglo.

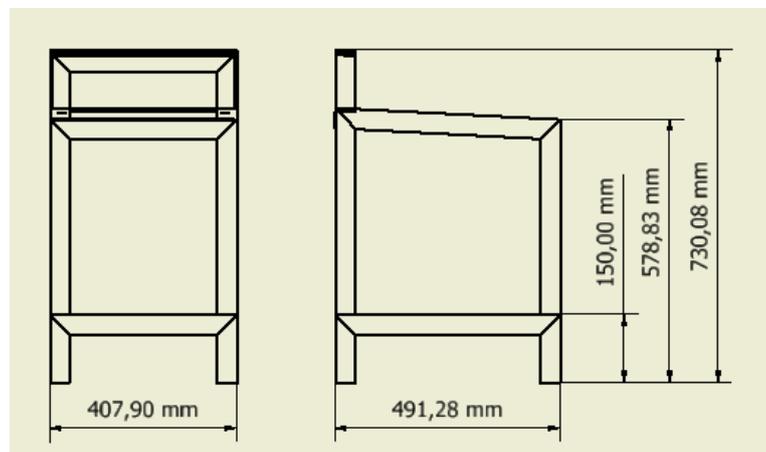


Figura 3.35 Dimensionamiento del sistema estructural [Elaboración propia]

3.10.2 Análisis en Autodesk Inventor Student

De acuerdo con la NEC para el análisis estructural del arreglo de perfiles utilizado, se deben tomar en cuenta 3 tipos de cargas conocidas como: carga viva, carga de impacto y carga muerta. La carga muerta corresponde al peso de la máquina sin contar los perfiles estructurales, la carga viva corresponde a las tensiones producidas por la banda de transmisión y la carga de impacto corresponde al peso de la fruta que se encuentra dentro de la máquina por cada ciclo de operación.

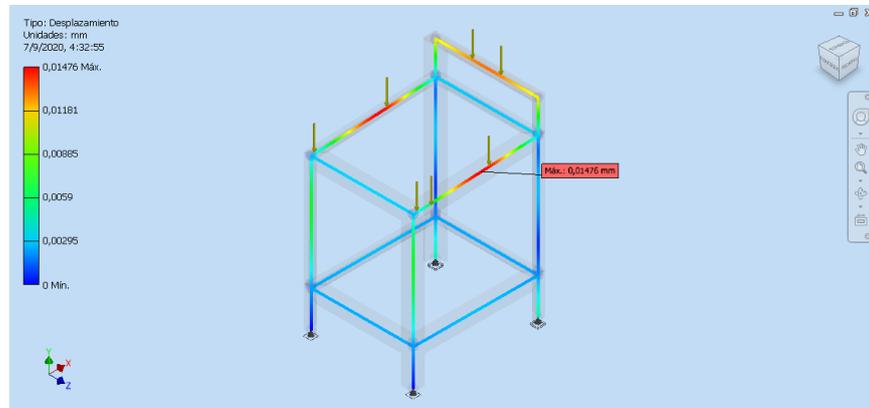


Figura 3.36 Deformación en el sistema estructural (Autodesk Inventor Student, 2018)

En las Figuras 3.36, 3.37 y 3.38 se muestran los análisis de esfuerzos, deformación realizados en la estructura, y el coeficiente de seguridad mínimo, teniendo este un valor de 15, validando que el arreglo de perfiles estructurales utilizado no fallará.

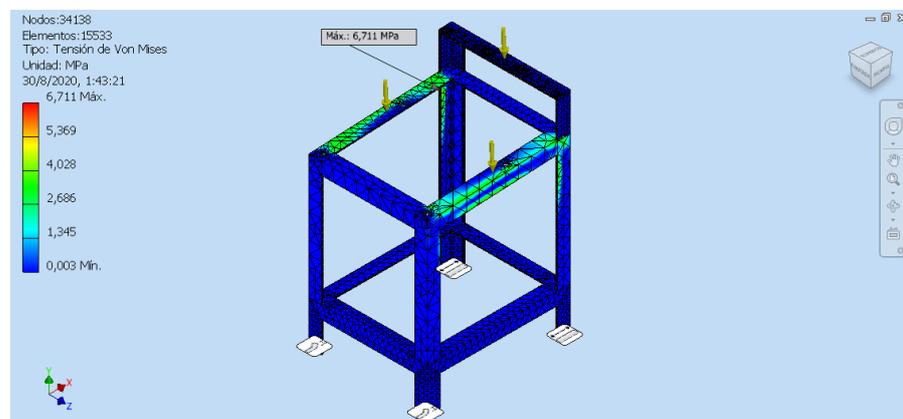


Figura 3.37 Análisis de esfuerzos estático para el sistema estructural (Autodesk Inventor Student, 2018)

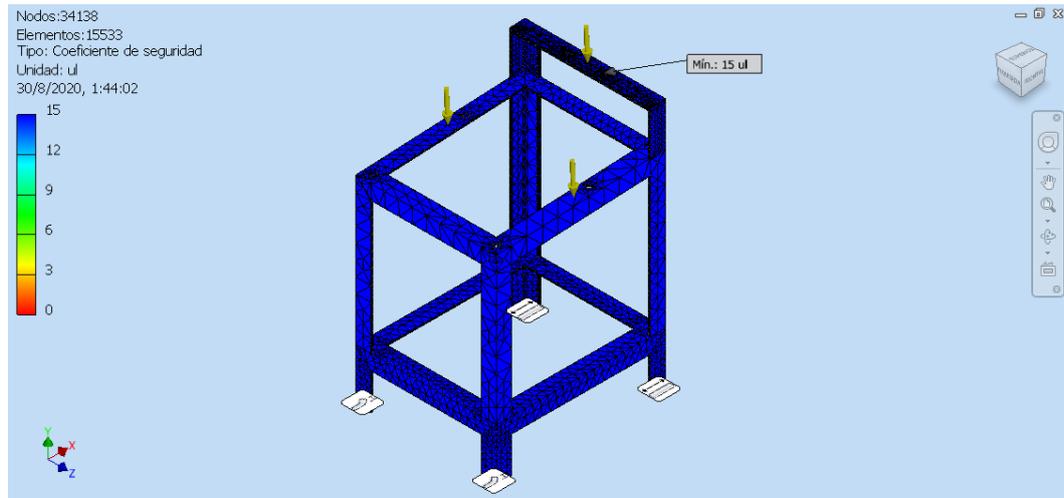


Figura 3.38 Coeficiente de seguridad estático para el sistema estructural (Autodesk Inventor Student, 2018)

3.11 Modelado 3D de la máquina despulpadora de frutas

A continuación, se muestra la máquina completamente, con todos sus elementos diseñados, seleccionados y dimensionados, en vistas isométrica y frontal.

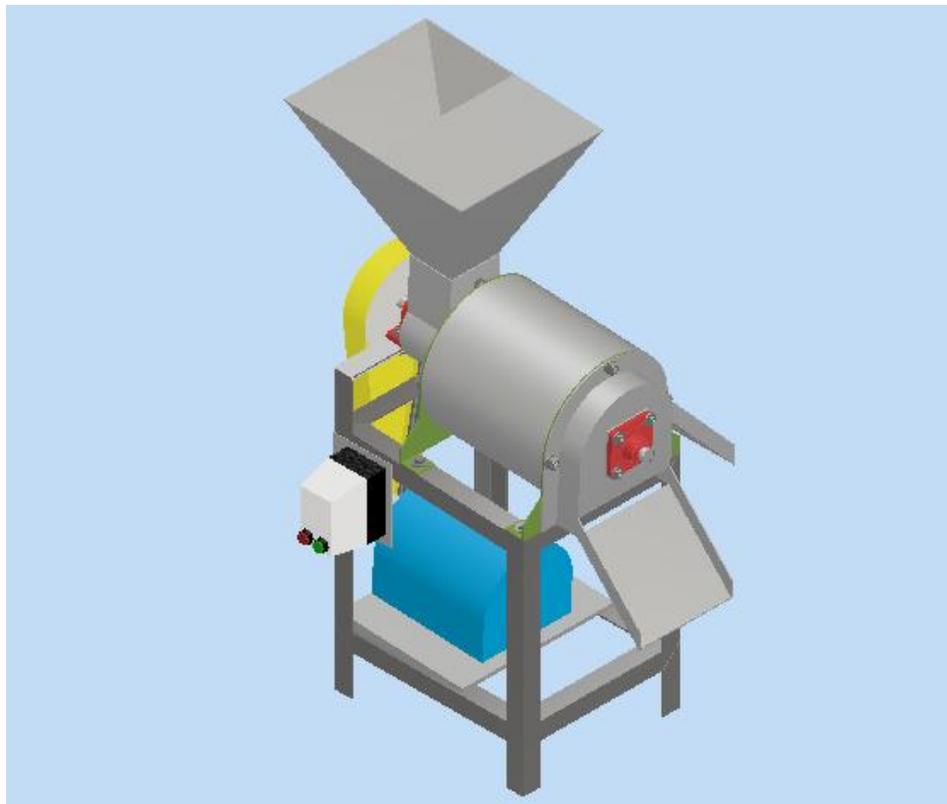


Figura 3.39 Vista Isométrica de la máquina despulpadora de frutas diseñada (1/2) (Autodesk Inventor Student, 2018)

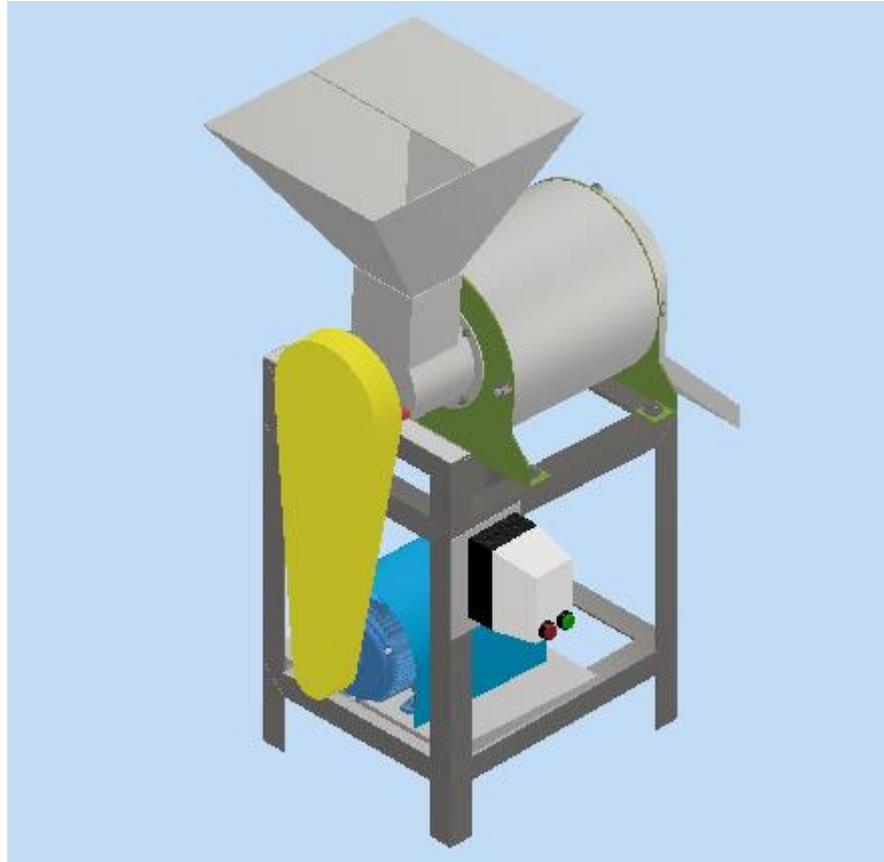


Figura 3.40 Vista Isométrica de la máquina despulpadora de frutas diseñada (2/2)
(Autodesk Inventor Student, 2018)

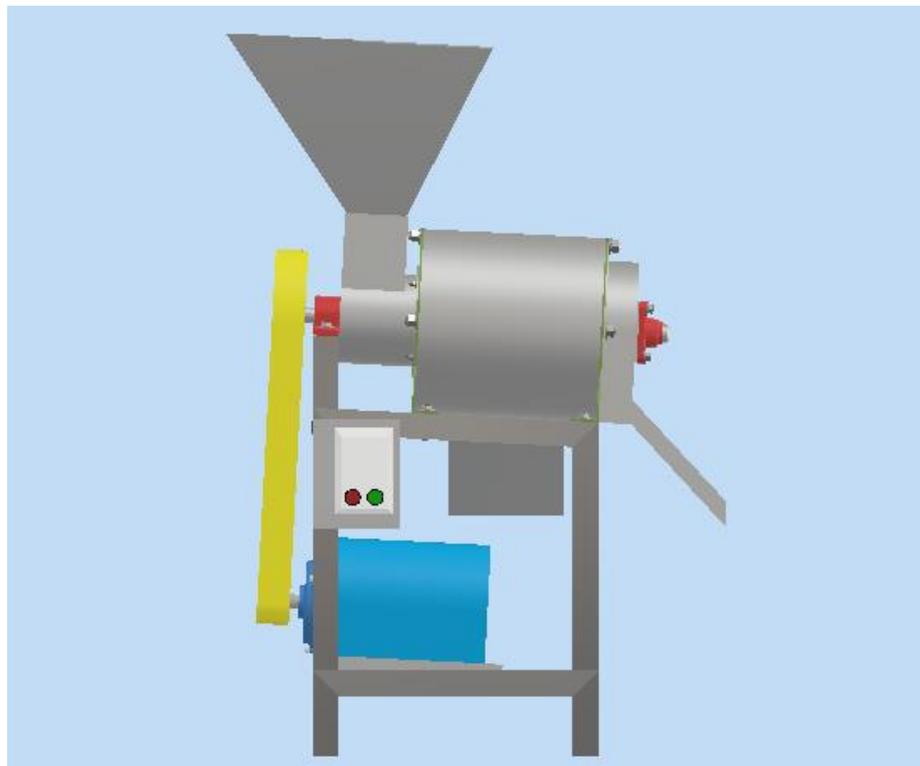


Figura 3.41 Vista frontal de la máquina de despulpadora de frutas diseñada
(Autodesk Inventor Student, 2018)

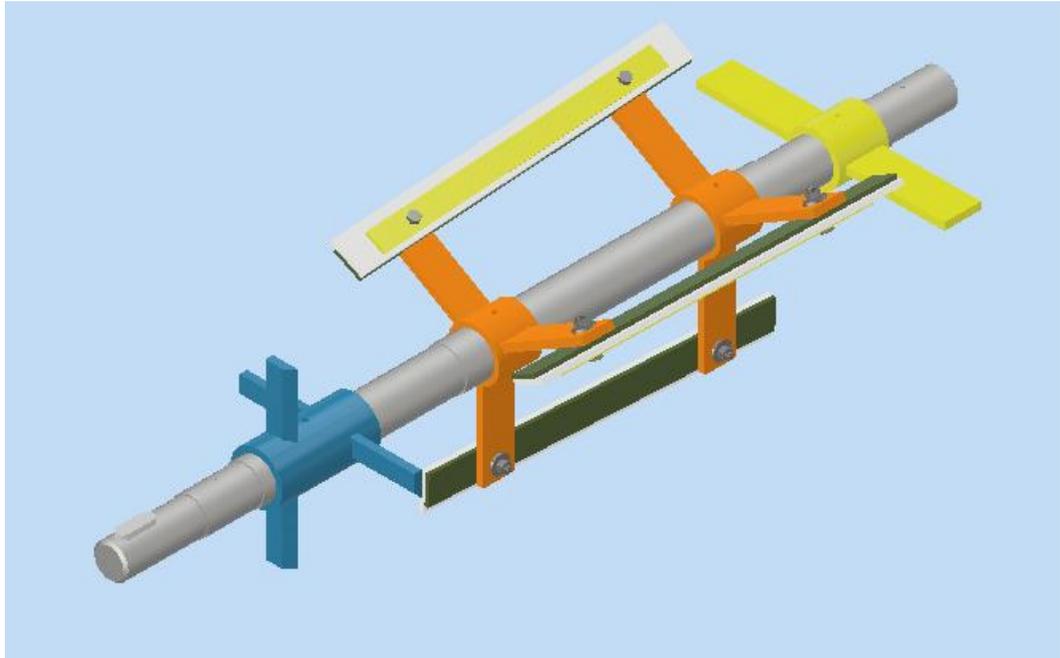


Figura 3.42 Vista isométrica del eje de transmisión con sus componentes (Autodesk Inventor Student, 2018)

3.12 Especificaciones técnicas de la máquina

La siguiente tabla reúne las características más importantes de la máquina despulpadora de frutas:

Tabla 3.1 Especificaciones técnicas de la máquina diseñada [Elaboración propia]

Criterio	Especificaciones	Unidad
Potencia del motor	2	HP
Voltaje requerido	110	V
Capacidad de producción	200	Kg/h
Peso total	121.77	Kg
Longitud total de la máquina	858.39	mm
Altura total de la máquina	1252.81	mm
Ancho total de la máquina	805.53	mm
Material de construcción predominante	Acero Inoxidable	AISI 304

3.13 Mantenimiento del equipo

Para un mantenimiento correcto del equipo se debe considerar, el mantenimiento autónomo, el cual debe estar a cargo del operador del equipo, y el mantenimiento profesional, el cual se encarga el personal técnico. Para el mantenimiento autónomo se debe considerar lo siguiente:

Tabla 3.2 Consideraciones del mantenimiento autónomo del equipo
[Elaboración propia]

No°	Descripción	Frecuencia	Tiempo
1	Limpeza general de la línea interna del equipo	10H / Cambio de producto	10 min
2	Desmontaje del equipo	50 H	30min
3	Limpeza de Tolva	50 H	15 min
4	Limpeza de las cuchillas de corte	50 H	15 min
5	Limpeza del agitador	50 H	15 min
6	Limpeza del tambor	50 H	15 min
7	Limpeza del tamiz	10H / Cambio de producto	20 min
8	Limpeza de la paleta de expulsión	50 H	15 min
Tiempo total de mantenimiento autónomo			2 h 15 min

Para el mantenimiento profesional se debe considerar lo siguiente:

Tabla 3.3 Consideraciones del mantenimiento profesional del equipo
[Elaboración propia]

No°	Componente	Tarea	Frecuencia
1	Tolva	Inspección de juntas de acople	200H
2	Cuchillas de corte	Inspección de Filo de la cuchilla	400H
3		Inspección del bocín	400H
4	Agitador	Cambio de raspadores de Nylon	600H
5		Inspección de los soportes de los rascadores	600H
6		Inspección de las láminas de soporte	600H
7	Paleta de Expulsión	Inspección del bocín	600H
8	Chumacera y Rodamiento	Inspección de Ruidos y Vibraciones	200H
		Lubricación	600H
9		Cambio de rodamientos	3600H
10	Polea	Inspección de canales	3600H
11	Bandas de Transmisión	Inspección de tensión	400H
12		Cambio de bandas	3600H
13	Motor	Mantenimiento al motor (cambio de rodamientos y megar)	400H
14		Inspección de Corriente y Temperatura	600H
15	Eje	Inspección de alineación	600H
16	Pernos	Ajuste de pernos	50H
17	Estructura	Inspección de condiciones	200H

3.14 Análisis de costos

3.14.1 Costo de materiales de fabricación

A continuación, se muestra el desglose de precios por material necesario para la fabricación de la máquina. Esto luego de varias cotizaciones realizadas a empresas distribuidoras de materiales de fabricación locales.

Tabla 3.4 Desglose de costo de materiales de fabricación
[Elaboración propia]

Descripción	Unidad	Precio unitario [\$]	Cantidad	Subtotal [\$]
Plancha de acero inoxidable AISI 304 4 mm	m ²	412.28	0.14	56.52
Plancha de acero inoxidable AISI 304 3 mm	m ²	306.96	0.95	291.61
Plancha de acero inoxidable AISI 304 2 mm	m ²	210.93	0.40	85.32
Plancha de acero inoxidable AISI 304 perforada, e = 1 mm	m ²	550.00	0.28	151.80
Lámina de Nylon 6A 610x305x4 mm	ft ²	18.00	0.50	9.00
Perfil estructural L lados iguales Acero Inoxidable 1 3/4 x 1 3/4 x 1/4 in	m	17.68	2.00	35.36
Eje de acero inoxidable AISI 304 de 1 in	m	3.68	3.20	11.78
Eje de acero inoxidable AISI 304 de 1 1/2 in	m	3.67	1.80	6.61
Chumacera de piso completa 2 huecos 1 in KDF	U	8.53	1.00	8.53
Chumacera de pared de 1 in	U	8.53	1.00	8.53
Motor eléctrico monofaseado de 2 HP a 110 V	U	190.00	1.00	190.00
Banda 3VX560	U	9.50	2.00	19.00
Polea 2 ranuras 2 in	U	8.50	1.00	8.50
Polea 2 ranuras 8 in	U	24.00	1.00	24.00
Perno de cabeza hexagonal AISI 304 M6 con tuerca	U	0.36	4.00	1.44
Perno de cabeza hexagonal AISI 304 M10 con tuerca	U	1.20	8.00	9.60
Perno de cabeza hexagonal AISI 304 M12 con tuerca	U	1.60	6.00	9.60
Perno de cabeza hexagonal AISI 304 M14 con tuerca	U	1.80	6.00	10.80
Arandela plana métrica 10R	U	0.14	4.00	0.56
Arandela plana métrica 6N	U	0.18	4.00	0.72
Arandela plana métrica 14N	U	0.20	8.00	1.60
Arandela plana métrica 16N	U	0.25	4.00	1.00
Pulsador 22 mm VERDE	U	1.55	1.00	1.55
Pulsador 22 mm ROJO	U	1.69	1.00	1.69
Pulsador de emergencia 22 mm	U	1.80	1.00	1.80
Consumibles				50.00
Total				996.92

3.14.2 Costo de mano de obra y herramientas

El costo de mano de obra y herramientas está dado por horas - hombre estimadas para la realización de las actividades de corte y ensamblaje de los materiales.

Tabla 3.5 Desglose de costo de mano de obra y herramientas
[Elaboración propia]

Especialidad	Rango	Salario H/H [\$]	Horas hombre	Subtotal [\$]
Soldador	C1	5.50	40	220.00
Tornero	C1	5.50	5	27.50
Electricista	C1	5.00	8	40.00
Operador de Taller	D1	5.50	40	220.00
Ayudante	D1	4.00	60	240.00
Total				747.50

Cabe recalcar que se realizó la cotización de actividades necesarias para el ensamblaje del prototipo, en donde cada especialista usaba sus propias herramientas.

3.14.3 Costos directos

El costo total directo comprende la suma entre el costo de materiales de fabricación, costo de mano de obra y herramientas y el costo de transporte de materiales.

Tabla 3.6 Costos directos
[Elaboración propia]

Costo de materiales de fabricación [\$]	996.92
Costo de mano de obra y herramientas [\$]	747.50
Costo de transporte de materiales [\$]	50.00
Total	1794.42

3.14.4 Costos indirectos

Los costos indirectos comprenden la suma de los costos por supervisión, diseño y construcción de la máquina, y una utilidad del 10% del costo total directo.

Tabla 3.7 Costos indirectos
[Elaboración propia]

Costos ingenieriles	Cantidad	Unidad	Precio unitario [\$]	Subtotal [\$]
Supervisión	40	Horas	7.00	280.00
Diseño	24	Horas	7.00	168.00
Total de costos ingenieriles				448.00
Utilidad				179.44
Total				627.44

3.14.5 Costo total de la máquina

El costo total de la máquina comprende el resultado entre los costos directos más los costos indirectos.

Tabla 3.8 Costo total de la máquina
[Elaboración propia]

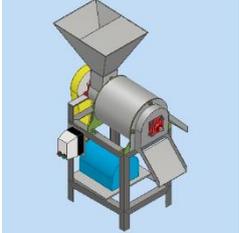
Costos directos	1794.42
Costos indirectos	627.44
Total	2421.86

3.14.6 Conclusiones

La máquina despulpadora diseñada al ser un equipo para procesamiento de productos alimenticios debe cumplir normativas de salubridad, por lo que el principal material de fabricación es acero inoxidable AISI 304. Teniendo en cuenta los costos directos e indirectos, la máquina diseñada está valorada en \$2421.86. Finalmente, se realiza una comparación de la máquina diseñada con las máquinas existentes en el mercado nacional.

Tabla 3.9 Descripción de máquinas despulpadoras de frutas locales
[Elaboración propia]

Imagen	Descripción	Precio [\$]
	Despulpadora de Frutas Horizontal Construida en Acero Inoxidable Capacidad: 300 kg/h Fuente: Mercado Libre Quito – Ecuador	4800

	<p>Despulpadora de Frutas Horizontal Construida en Acero Inoxidable Capacidad: 200 Kg/h Marca: ECOSERV Quito – Ecuador</p>	<p>2790</p>
	<p>Despulpadora de Frutas Horizontal Diseñada en Acero Inoxidable Capacidad: 200 Kg/h Guayas – Ecuador</p>	<p>2421</p>

De la tabla anterior, se puede concluir que la máquina diseñada tiene el costo más bajo comparada con máquinas de similares características que se pueden encontrar en el mercado ecuatoriano.

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Las variables que influyen el proceso de despulpado de anona, piña, cítricos y maracuyá, son las condiciones de entrada, densidad promedio de fruta pelada, diámetro menor de pepa y fuerza de corte, las cuales influyen en el diseño, selección y dimensionamiento de los elementos de la máquina despulpadora de frutas.
- La máquina despulpadora horizontal satisface de mejor forma todos los criterios de selección planteados, los cuales son: costo de producción, ergonomía, utilización de materiales eco amigables, diversidad de producción y fuerza de desgarre.
- La máquina cumple con una capacidad de procesamiento de 200 Kg/h, lo cual les permitirá a los productores del Cantón Bucay satisfacer la demanda actual de despulpado de frutas y tendrá un impacto positivo en la sociedad agrícola del Cantón, ya que les permitirá un salto semi industrial en el procesamiento de frutas.
- Se establece como condición de entrada de las frutas a la máquina, que las frutas deben de entrar peladas, debido a que las cáscaras de las frutas realizan contacto directo con pesticidas o fungicidas cuando se realizan fumigaciones y pondrían en peligro la salubridad e integridad del producto terminado.
- Todos los elementos diseñados de la máquina tienen un tiempo de vida útil de un millón de ciclos, por lo que se puede concluir que, tienen una vida infinita y tendrán una operatividad muy amplia.

- El arreglo de perfiles estructurales utilizado con base de la máquina despulpadora de frutas cumple con un factor de seguridad de 15, lo cual garantiza la protección del equipo contra fallas estructurales.
- La máquina despulpadora tiene un ángulo de inclinación sobre la horizontal de 3°, garantizando el flujo continuo de materia prima desde el ingreso de la fruta por la tolva de alimentación hasta la separación de la pulpa de los desechos.
- La despulpadora diseñada es totalmente competitiva a nivel comercial, ya que consta con un diseño ergonómico y compacto, costando aproximadamente un 14% menos que las despulpadoras comerciales con la misma capacidad de producción.

4.2 Recomendaciones

- Luego de realizar un ciclo de operación o media jornada de trabajo, se recomienda llevar a cabo un lavado de línea total, el cual consta de depositar agua hervida al sistema en funcionamiento, seguido de agua al ambiente, durante 10 minutos, para así evitar posibles residuos de los ciclos de operación anteriores, los cuales, pueden llegar a “podrirse” y contaminar la nueva producción.
- Tener en cuenta que cada uno de los elementos están diseñados para el procesamiento de frutas, por lo que se debe tener estricto cuidado al depositar estas frutas en la tolva, es decir, que no ingresen con cuerpos extraños (rocas, metales, etcétera).
- Los mantenimientos propuestos deben ser estrictamente cumplidos para alargar el tiempo de vida útil del equipo, además para su instalación se debe considerar ser anclado y aislados al suelo en donde desenvolverá.

- Para el correcto encendido del equipo se debe procurar que el botón de parada de emergencia no se encuentre presionado ya que, por el diseño de este, una vez presionado no permitirá el arranque del equipo.
- Cada vez que se realice el cambio de algún componente mecánico o estructural, se debe hacer un redireccionamiento de estos residuos hacia una empresa prestadora de servicio de reciclaje más cercana a la zona.
- Los desechos orgánicos generados por el procesamiento de la fruta deberán ser recolectados y tratados por medio de compostaje para la realización de abono para los cultivos.

BIBLIOGRAFÍA

Autodesk Inventor Nastran Student. (2018).

Autodesk Inventor Student. (2018).

Autonics. (s.f.). Manual de Interruptores de Control. Obtenido de electricasbogota.com/pdf/autonics-push-buttons.pdf

coparoman. (2014). Obtenido de <https://coparoman.blogspot.com/2014/03/control-de-arranque-de-un-motor-con.html>

Economía, R. (28 de Abril de 2015). Ecuador exportó en dos meses \$ 10 millones en pulpa de maracuyá. El Telégrafo.

Espinosa, M. V. (2017). Ecuador exporta piña dulce a Europa y América. Líderes.

Esquivel, R. (2017). Revista Ferrepat. Obtenido de <https://www.revista.ferrepat.com/herramientas/procesos-de-soldadura-mig-tig-smaw-pac-saw-tandem-y-rayo-laser/>

GÉMINA PROCESOS ALIMENTARIOS, S. (2016). Catálogo - Finisher o Despulpadora. Obtenido de <https://www.gemina.es/es/>

Hierros Molina. (s.f.). Obtenido de <https://www.hierrosmolina.com/blog/que-es-la-soldadura-definicion-tipos-de-electrodos-y-consejos/>

Inducardin. (2019). Obtenido de <https://inducardin.com/index.php/product/despulpadora-vertical/>

Indurama. (s.f.). Obtenido de Manual de Aceros Inoxidables: <https://www.indura.com.ec/Descargar/Manual%20de%20Aceros%20Inoxidables?path=%2Fcontent%2Fstorage%2Fec%2Fbiblioteca%2F76c04d6268cc493f8a071902e5baeab5.pdf>

Ingemecanica. (s.f.). Cálculo de Transportadores. Obtenido de <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn143.html>

JB, V. (Enero de 2016). Obtenido de <http://viverojb.blogspot.com/2016/01/arbol-naranja.html>

Jotagallo. (2007). Obtenido de <https://www.jotagallo.com/agricola/despulpadoras.html>

SANTANA, V. A. (s.f.). UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR. Obtenido de Docplayer: <https://docplayer.es/59806346-Universidad-internacional-del-ecuador.html>

SEAGRO. (s.f.). Obtenido de www.seagro.hn

SKF. (2015). Catálogo de Rodamientos.

Sprocket & Gear, I. (2013). El gran catálogo 4000. Obtenido de www.martinsprocket.com

WEG. (2016). Motores eléctricos - Guía de especificación.

Armas Valdiviezo, A. (2012). "Diseño de una Planta Modular para la Elaboración de Licor de Naranja en el Cantón Caluma." <https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/89907/D-79618.pdf>

Costales Carrera, S. (2013). "Proyecto de factibilidad para la exportación de jugo de toronja a Suecia vía marítima" [Universidad Tecnológica Equinoccial]. http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/8221/1/50788_1.pdf

Gorrión equipos gastronómicos. (n.d.). Retrieved July 16, 2020, from <https://gorrion.com.pe/producto/despulpador-de-frutas/>

Jaramillo Aguilar, E., & Cañizares Chacín, A. (2015). El cultivo de la maracuyá en Ecuador (Primera). <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/6894/1/116> EL CULTIVO DE MARACUYA EN ECUADOR.pdf

JAVAR. (n.d.). Retrieved July 16, 2020, from <https://javar.com.co/product/despulpadora-df300-2f-300kg-h/>

Moreira, R., & Uguña, I. (2018). DIAGNÓSTICO BASE DEL CULTIVO DE PIÑA EN ECUADOR CON ENFASIS EN EL CULTIVO DEL CULTIVAR "CRIOLLA O MILAGREÑA." https://www.researchgate.net/publication/322665769_DIAGNOSTICO_BASE_DEL_CULTIVO_DE_PINA_EN_ECUADOR_CON_ENFASIS_EN_EL_CULTIVO_DEL_CULTIVAR_CRIOLLA_O_MILAGRENA

Tipos de cítricos | Yara Ecuador. (2020). <https://www.yara.com.ec/nutricion-vegetal/citricos/tipos-de-citricos/>

APÉNDICE

APÉNDICE A

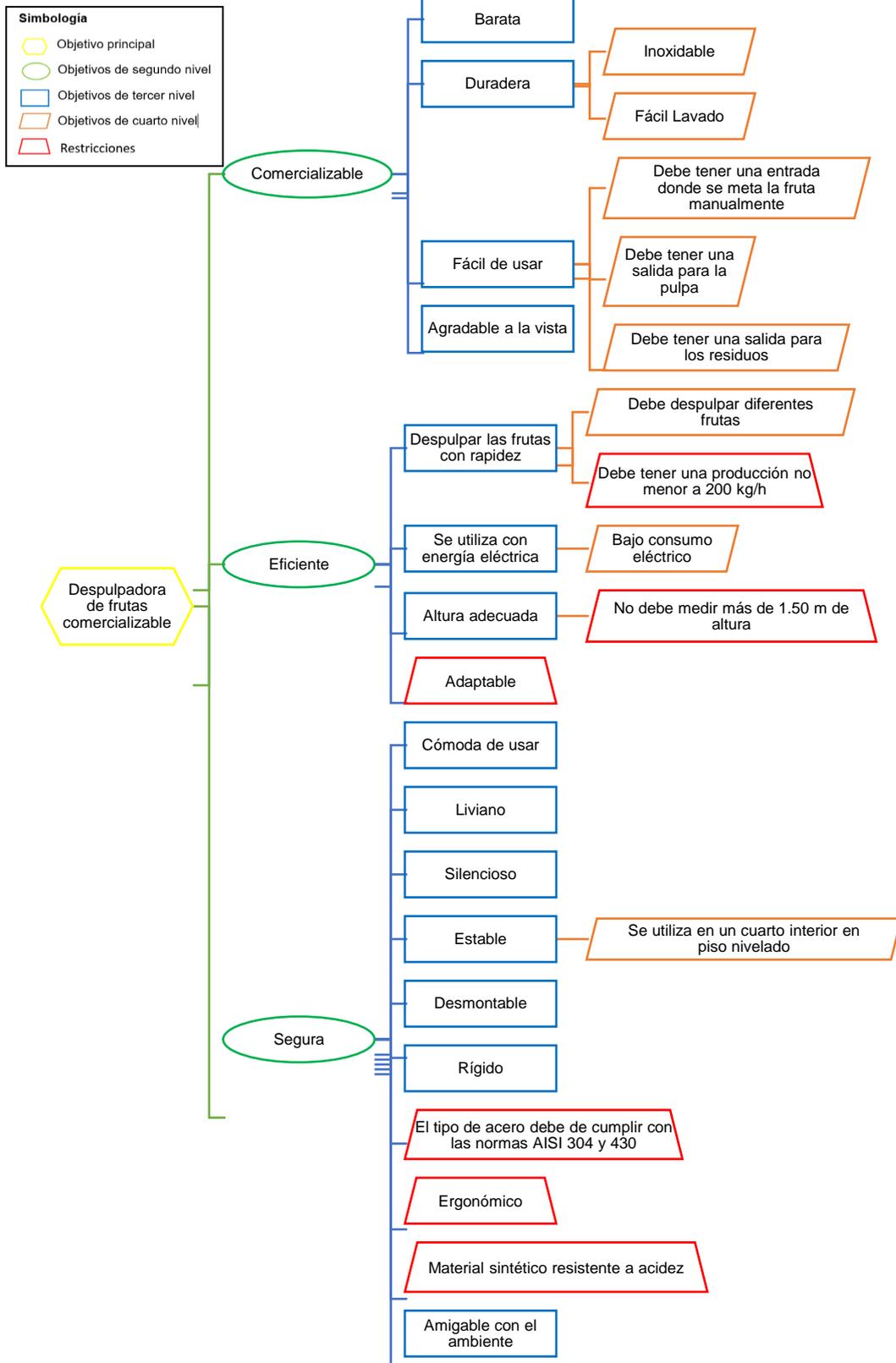


Figura A.1 Objetivos de diseño de la máquina [Elaboración propia]

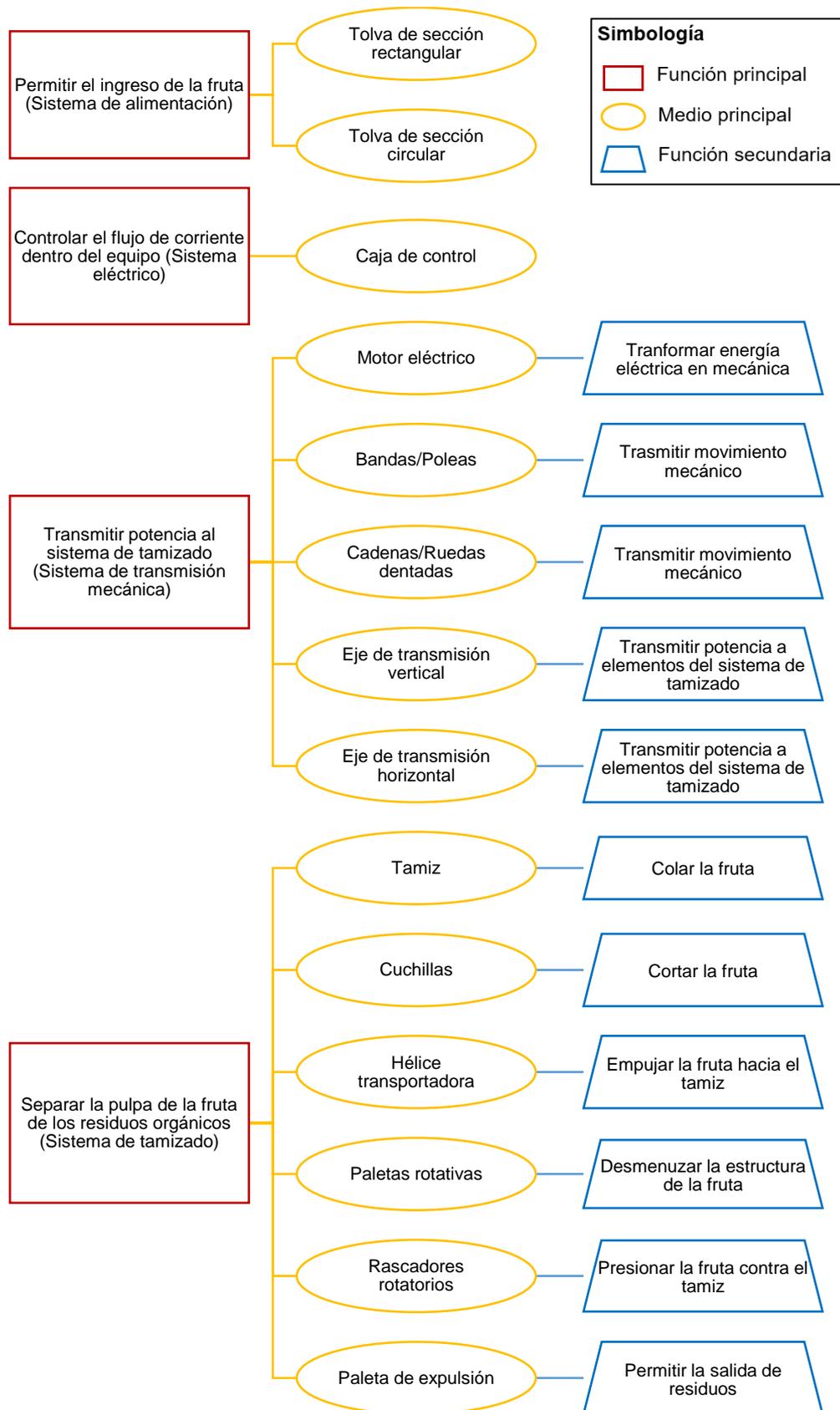


Figura A.2 Funciones (principales y secundarias) y medios (principales y secundarios de cada módulo secundario de la máquina [Elaboración propia]

Tabla A.1 Métricas y objetivos de diseño de la máquina [Elaboración propia]

Objetivos	Métricas
Debe ser barata	Determinado del costo de producción del equipo en [\$]
Debe ser duradero	Determinado por el tiempo de vida en [h] que puede operar el equipo en total
Debe ser fácil de usar	Determinado por la facilidad del operador en realizar el proceso de despulpado. [Muy fácil, Fácil, Moderado, Difícil, Muy difícil]
Debe ser agradable a la vista	Determinado por la apreciación del cliente al visualizar la máquina [Agradable, No agradable]
Debe despulpar las frutas con rapidez	Determinado por la capacidad en [kg/h] que tiene el equipo
Se utiliza con energía eléctrica	Determinado por la cantidad de voltaje en [V] suministrado al equipo
Debe tener una altura adecuada	Medido por la altura del equipo en [m]
Debe ser cómodo de usar	Determinado por el nivel de ergonomía en [Baja, Media, Alta] al usar el equipo
Debe ser lo más liviano posible	Medido por la cantidad de peso en [N] del equipo junto con todos sus componentes
Debe ser silencioso	Medido por el nivel de ruido en [db] del equipo en operación
Debe ser estable	Determinado por la horizontalidad en [°] de la superficie plana transversal de la máquina
Debe ser desmontable	Determinado por la cantidad de elementos en [#] de la máquina
Debe ser rígido	Determinado por el módulo de elasticidad en [N/m ²] de los materiales utilizados en las partes del equipo
Amigable con el ambiente	Determinado si los materiales utilizados son amigables con el ambiente [Si/No]

Tabla A.2 Requerimientos del usuario de la máquina [Elaboración propia]

Requerimientos del usuario	Objetivos	Restricciones	Funciones
Barata	x		
Duradero	x		
Fácil de usar	x		
Agradable a la vista	x		
Despulpa las frutas con rapidez	x		
Utiliza energía eléctrica	x		
Tiene altura adecuada	x		
Cómodo de usar	x		
Liviano	x		
Silencioso	x		
Estable	x		
Desmontable	x		
Rígido	x		
Amigable con el ambiente	x		
No debe de medir más de 1.50 m de altura		x	
El tipo de acero a utilizar debe de cumplir con las normas AISI 304 y 430		x	
Debe tener una producción no menor a 200 kg/h		x	
Debe ser ergonómico		x	
El material sintético debe de ser resistente a la acidez		x	

Permitir el ingreso de la fruta			x
Controlar el flujo de corriente dentro del equipo			x
Transmitir potencia al sistema de tamizado			x
Separar la pulpa de la fruta de los residuos orgánicos			x

Tabla A.3 Requerimientos técnicos de la máquina [Elaboración propia]

Requerimientos técnicos	Métricas (Objetivos)	Especificaciones (Funciones)
Costo de producción del equipo [\$]	x	
Tiempo de vida [h]	x	
Facilidad de operación [Muy fácil, Fácil, Moderado, Difícil, Muy difícil]	x	
Apreciación visual [Agradable, No agradable]	x	
Capacidad [kg/h]	x	
Voltaje [V]	x	
Altura del equipo [m]	x	
Ergonomía [Baja, Media, Alta]	x	
Peso total [N]	x	
Nivel de ruido [db]	x	
Horizontalidad [°]	x	
Elementos de la máquina [#]	x	
Módulo de elasticidad [N/m ²]	x	
Materiales utilizados amigables con el ambiente [Si/No]	x	
Tiempo de puesta en marcha [s]		x
Potencia [W]		x
Diversidad de producción [Baja, Media, Alta]		x
Fuerzas de desgarre [N]		x
Calidad de la producción [%]		x

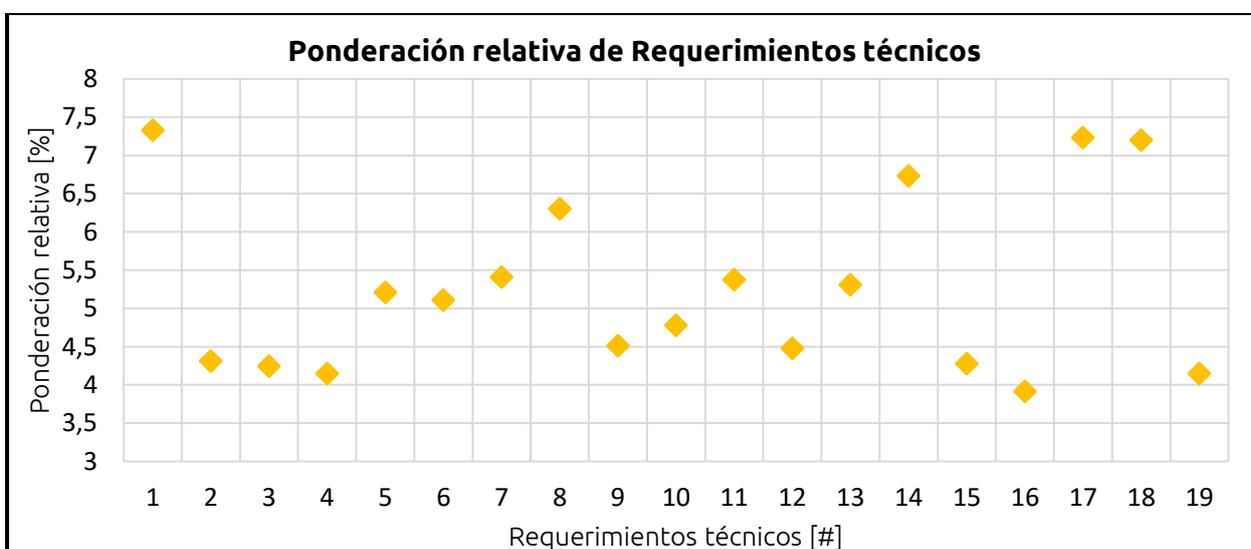


Figura A.3 Ponderación relativa de requerimientos técnicos relacionada a la casa de la calidad [Elaboración propia]

Escala de importancia del cliente		Correlación	
1 = Baja		1 = Baja	
2 = Media baja		2 = Media baja	
3 = Normal		3 = Normal	
4 = Alta		4 = Alta	
5 = Muy alta		5 = Muy alta	
Escala de relación entre Requerimientos del usuario vs Requerimientos técnicos			
1 = Baja			
2 = Media baja			
3 = Normal			
4 = Alta			
5 = Muy alta			

No.	Requerimientos del usuario	Requerimientos técnicos																			
		1. Costo de producción del equipo [S]	2. Tiempo de vida [h]	3. Facilidad de operación	4. Apreciación visual	5. Capacidad [kg/h]	6. Voltaje [V]	7. Altura del equipo [m]	8. Ergonomía (Baja, Media, Alta)	9. Peso total [N]	10. Nivel de ruido [db]	11. Horizontalidad [°]	12. Elementos de la máquina [H]	13. Módulo de elasticidad [N/m ²]	14. Materiales eco amigables [SI, No]	15. Tiempo de puesta en marcha [s]	16. Potencia [W]	17. Diversidad de producción [B, M, A]	18. Fuerzas de desgarre [N]	19. Calidad de la producción [%]	
1	Barata	4	5	4	1	1	2	2	3	4	2	2	3	3	4	5	1	3	5	4	1
2	Duradero	4	4	5	1	2	4	4	4	4	3	2	1	1	4	5	2	3	4	5	4
3	Fácil de usar	3	4	1	5	3	3	1	4	4	4	2	4	4	2	3	2	1	5	5	1
4	Agradable a la vista	2	3	1	1	5	4	2	1	3	2	4	3	3	4	1	4	4	1	1	2
5	Despulpas las frutas con rapidez	5	5	2	2	3	5	3	4	2	4	4	2	1	3	2	4	2	5	5	1
6	Utiliza energía eléctrica	3	2	1	3	3	1	5	2	2	4	1	2	2	1	3	4	3	3	1	1
7	Tiene altura adecuada	3	5	2	1	2	2	3	5	5	2	4	3	2	2	3	2	2	4	3	3
8	Cómodo de usar	2	5	4	4	2	1	3	4	5	2	2	3	2	3	3	2	2	4	4	3
9	Liviano	2	4	3	1	4	1	4	1	4	5	2	4	2	3	4	1	3	3	3	4
10	Silencioso	2	5	4	3	2	1	2	2	2	1	5	1	1	3	5	1	1	4	5	2
11	Estable	3	5	3	3	3	4	3	1	4	3	2	5	3	1	5	2	2	4	5	2
12	Desmontable	2	5	2	3	2	4	2	3	4	1	2	4	5	3	5	3	3	5	5	2
13	Rígido	2	5	1	2	1	3	3	2	4	3	2	4	2	5	5	1	2	4	5	1
14	Amigable con el ambiente	3	4	2	1	3	4	1	2	3	1	4	3	4	4	5	1	1	3	5	3
15	Controlar el flujo de corriente dentro del equipo	2	3	4	4	1	4	4	3	2	3	1	3	2	3	2	5	2	3	4	1
16	Transmitir potencia desde el motor	3	3	1	3	2	2	3	3	2	1	2	3	1	3	4	4	5	4	5	3
17	Permitir el ingreso de la fruta	3	2	2	2	2	3	4	4	5	4	4	4	4	2	4	1	1	5	3	2
18	Separar la pulpa de la fruta de los residuos orgánicos	5	5	2	4	2	3	3	4	5	1	3	4	4	4	5	3	1	5	3	5
Importancia ponderada absoluta		221	130	128	125	157	154	163	190	136	144	162	135	160	203	129	118	218	217	125	3015
Importancia ponderada relativa		7.33	4.31	4.25	4.15	5.21	5.11	5.41	6.3	4.51	4.78	5.37	4.48	5.31	6.73	4.28	3.91	7.23	7.2	4.15	100
Restricciones						igual a 200 kg/h	< 1.50 m de altura	Debe ser ergonómico							Materiales especificados						

Figura A.4 Casa de la calidad (House of Quality) [Elaboración propia]



Figura A.5 Muestra experimental de la naranja [Elaboración propia]

Tabla A.4 Mediciones experimentales de la naranja [Elaboración propia]

Ítem	Longitud mayor de fruta pelada [mm]	Masa de fruta pelada [kg]	Volumen de fruta pelada [m ³]	Densidad estimada [kg/m ³]
1	69.07	0.179	1.83E-04	978.14
2	73.53	0.215	2.07E-04	1038.65
3	69.07	0.190	1.97E-04	964.47
4	69.71	0.178	1.74E-04	1022.99
5	69.71	0.176	1.72E-04	1023.26
Promedio	70.22	0.190	1.87E-04	1005.50

**Figura A.6** Muestra experimental del limón [Elaboración propia]**Tabla A.5** Mediciones experimentales del limón [Elaboración propia]

Ítem	Longitud mayor de fruta pelada [mm]	Masa de fruta pelada [kg]	Volumen de fruta pelada [m ³]	Densidad estimada [kg/m ³]
1	40.11	0.030	2.80E-05	1071.43
2	35.01	0.021	2.00E-05	1050.00
3	39.79	0.023	2.50E-05	920.00
4	34.70	0.022	2.30E-05	956.52
5	34.70	0.021	2.10E-05	1000.00
6	40.11	0.028	2.60E-05	1076.92
7	35.33	0.021	1.90E-05	1105.26
8	34.06	0.019	1.60E-05	1187.50
9	36.29	0.022	1.80E-05	1222.22
10	39.47	0.030	2.90E-05	1034.48
Promedio	36.96	0.024	2.25E-05	1062.43



Figura A.7 Muestra experimental de la toronja [Elaboración propia]

Tabla A.6 Mediciones experimentales de la toronja [Elaboración propia]

Ítem	Longitud mayor de fruta pelada [mm]	Masa de fruta pelada [kg]	Volumen de fruta pelada [m ³]	Densidad estimada [kg/m ³]
1	92.31	0.364	3.76E-04	968.09
2	89.13	0.315	3.29E-04	957.45
3	90.40	0.365	3.66E-04	997.27
4	90.08	0.334	3.45E-04	968.12
5	89.13	0.333	3.42E-04	973.68
Promedio	90.21	0.342	3.52E-04	972.92

Tabla A.7 Mediciones experimentales del maracuyá [Elaboración propia]

Ítem	Masa de fruta pelada [kg]	Volumen de fruta pelada [m ³]	Densidad estimada [kg/m ³]
1	0.160	2.37E-04	675.11
2	0.121	1.47E-04	823.13
3	0.098	1.37E-04	715.33
4	0.129	1.87E-04	689.84
5	0.091	1.37E-04	664.23
Promedio	0.120	1.69E-04	713.53



Figura A.8 Muestra experimental de la piña [Elaboración propia]

Tabla A.8 Mediciones experimentales de la piña [Elaboración propia]

Ítem	Longitud mayor de fruta pelada [mm]	Masa de fruta pelada [kg]	Volumen de fruta pelada [m ³]	Densidad estimada [kg/m ³]
1	183.60	1.885	1.85E-03	1018.92
2	187.77	1.903	1.81E-03	1051.38
3	184.00	1.755	1.72E-03	1021.54
Promedio	185.12	1.848	1.79E-03	1030.61



Figura A.9 Muestra experimental de la anona [Elaboración propia]

Tabla A.9 Mediciones experimentales de la anona [Elaboración propia]

Ítem	Longitud mayor de fruta pelada [mm]	Masa de fruta pelada [kg]	Volumen de fruta pelada [m ³]	Densidad estimada [kg/m ³]
1	74.80	0.171	1.76E-04	971.59
2	78.30	0.193	1.85E-04	1043.24
3	69.71	0.159	1.68E-04	946.43
4	81.81	0.204	2.00E-04	1020.00
5	80.53	0.186	1.70E-04	1094.12
Promedio	77.03	0.183	1.80E-04	1015.08



Figura A.10 Figura representativa de las pepas de naranja [Elaboración propia]

Tabla A.10 Mediciones experimentales de la pepa de la naranja [Elaboración propia]

Ítem	Ancho pepa [mm]	Espesor pepa [mm]	Altura pepa [mm]
1	7.40	4.98	14.76
2	7.40	4.94	12.98
3	7.40	4.22	13.52
4	6.48	4.98	13.70
5	7.20	4.26	14.56
Promedio	7.18	4.68	13.90



Figura A.11 Figura representativa de las pepas de limón [Elaboración propia]

Tabla A.11 Mediciones experimentales de la pepa del limón [Elaboración propia]

Ítem	Ancho pepa [mm]	Espesor pepa [mm]	Altura pepa [mm]
1	4.98	3.64	8.00
2	4.56	2.38	7.74
3	5.12	3.80	9.92
4	5.62	3.82	9.98
5	4.40	2.58	9.54
Promedio	4.94	3.24	9.04

Tabla A.12 Mediciones experimentales de la pepa de la toronja [Elaboración propia]

Ítem	Ancho pepa [mm]	Espesor pepa [mm]	Altura pepa [mm]
1	7.52	5.00	13.18
2	7.30	5.00	14.18
3	9.38	4.00	14.98
4	8.18	4.74	14.18
5	9.00	5.00	13.70
Promedio	8.28	4.75	14.04



Figura A.12 Figura representativa de las pepas de maracuyá [Elaboración propia]

Tabla A.13 Mediciones experimentales de la pepa del maracuyá [Elaboración propia]

Ítem	Ancho pepa [mm]	Espesor pepa [mm]	Altura pepa [mm]
1	4.20	2.00	6.58
2	4.60	1.98	6.30
3	4.78	1.90	6.38
4	4.54	2.00	6.38
5	4.60	1.82	7.24
Promedio	4.54	1.94	6.58



Figura A.13 Figura representativa de las pepas de anona [Elaboración propia]

Tabla A.14 Mediciones experimentales de la pepa de la anona [Elaboración propia]

Ítem	Ancho pepa [mm]	Espesor pepa [mm]	Altura pepa [mm]
1	10.90	6.32	18.78
2	11.60	6.40	18.84
3	9.32	6.98	18.90
4	9.66	6.80	16.64
5	9.70	6.38	16.92
Promedio	10.24	6.58	18.02

Tabla A.15 Mediciones experimentales de la fuerza de corte en la naranja [Elaboración propia]

Ítem	Radio de medición [mm]	Fuerza en dinamómetro [mm]	Fuerza de corte [mm]
1	34.54	17	43.47
2	36.76	18	46.73
3	34.54	17	43.47
4	34.85	17	43.60
5	34.85	18	45.92
Promedio	35.11	17	44.64

Tabla A.16 Mediciones experimentales de la fuerza de corte en el limón [Elaboración propia]

Ítem	Radio de medición [mm]	Fuerza en dinamómetro [mm]	Fuerza de corte [mm]
1	20.05	16	36.35
2	17.51	14	31.62
3	19.89	17	38.34
4	17.35	15	33.58
5	17.35	16	35.57
6	20.05	17	38.39
7	17.67	15	33.66
8	17.03	14	31.50
9	18.14	17	37.81
10	19.74	18	40.33
Promedio	18.48	16	35.72

Tabla A.17 Mediciones experimentales de la fuerza de corte en la toronja [Elaboración propia]

Ítem	Radio de medición [mm]	Fuerza en dinamómetro [mm]	Fuerza de corte [mm]
1	46.15	25	69.32
2	44.56	26	70.75
3	45.20	24	66.09
4	45.04	25	68.54
5	44.56	25	68.21
Promedio	45.10	25	68.58

Tabla A.18 Mediciones experimentales de la fuerza de corte en la piña [Elaboración propia]

Ítem	Radio de medición [mm]	Fuerza en dinamómetro [mm]	Fuerza de corte [mm]
1	68.91	16	60.01
2	66.05	15	54.55
3	66.37	16	58.04
4	67.21	17	61.97
5	65.35	15	54.07
6	68.51	16	59.68
7	67.13	16	58.61
8	66.65	16	58.25
9	64.52	16	56.69
10	67.98	17	62.60
Promedio	66.87	16	58.45

Tabla A.19 Mediciones experimentales de la fuerza de corte en la anona [Elaboración propia]

Ítem	Radio de medición [mm]	Fuerza en dinamómetro [mm]	Fuerza de corte [mm]
1	37.40	5	16.16
2	39.15	6	18.84
3	34.85	5	15.78
4	40.90	7	21.62
5	40.27	6	19.04
Promedio	38.52	6	18.29

MOTORES TRIFASICOS DE ALTA EFICIENCIA



CARACTERISTICAS TIPICAS

Potencia HP / kW	Carcasa IEC	RPM	Corriente nominal en 220V A	Corriente con rotor bloqueado I _b / I _n	Momento nominal C _n Nm	Momento con rotor bloqueado C _p / C _n	Momento máximo C _{máx} C _n	Rendimiento η %			Factor de potencia Cos φ			Factor de servicio ES	Momento de inercia J kgm ²	Tiempo máximo con rotor bloqueado en caliente/ fres (S)	Peso aprox. (kg)
								% de la potencia nominal									
								50	75	100	50	75	100				

1800 RPM - 60 Hz

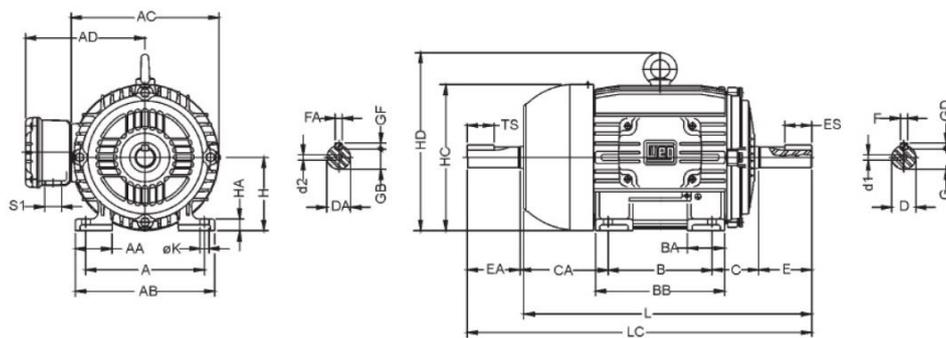
0.16	0.12	63	1720	0.86	4.50	0.67	3.2	3.4	50.0	57.0	61.0	0.41	0.51	0.60	1.15	0.00045	31/68	7
0.25	0.18	63	1710	1.13	4.50	1.01	2.8	3.0	53.0	64.0	66.5	0.47	0.57	0.63	1.15	0.00056	18/40	8
0.33	0.25	63	1710	1.47	5.20	1.40	3.0	2.9	50.0	59.0	68.5	0.45	0.55	0.65	1.15	0.00067	17/37	8
0.5	0.37	71	1720	2.07	5.00	2.06	2.7	3.0	64.0	70.0	72.0	0.44	0.57	0.65	1.15	0.00079	10/22	10
0.75	0.55	71	1705	2.83	5.50	3.08	3.0	3.0	70.0	74.0	75.0	0.45	0.58	0.68	1.15	0.00096	10/22	12
1	0.75	80	1730	2.98	8.00	4.14	3.4	3.0	77.5	80.0	82.6	0.60	0.72	0.80	1.15	0.00028	9/20	18
1.5	1.1	80	1700	4.32	7.00	6.18	2.9	2.8	77.0	79.0	81.5	0.62	0.74	0.82	1.15	0.00028	7/15	16
2	1.5	905	1750	6.17	7.80	8.19	2.8	3.0	79.0	82.5	84.0	0.55	0.68	0.76	1.15	0.00532	8/18	20
3	2.2	90L	1730	8.28	7.00	12.2	2.6	2.8	84.0	85.0	85.0	0.62	0.75	0.82	1.15	0.00672	7/15	23
4	3	100L	1720	11.1	7.50	16.7	2.9	3.1	84.0	86.0	86.5	0.63	0.75	0.82	1.15	0.00918	8/18	30
5	3.7	100L	1720	13.8	8.00	20.6	3.0	3.0	85.0	87.5	88.0	0.63	0.75	0.80	1.15	0.01072	8/18	33
6	4.5	112M	1735	16.4	6.80	24.8	2.1	2.5	87.0	88.0	89.0	0.63	0.74	0.81	1.15	0.01875	10/22	45
7.5	5.5	112M	1740	20.0	8.00	30.2	2.3	2.8	88.0	89.0	90.0	0.61	0.73	0.80	1.15	0.01875	9/20	46
10	7.5	132S	1760	26.4	7.80	40.7	2.6	3.1	88.0	90.0	91.0	0.61	0.74	0.82	1.15	0.05039	8/18	65
12.5	9.2	132M	1760	32.0	8.50	49.9	2.5	3.0	89.0	90.5	91.0	0.65	0.77	0.83	1.15	0.06202	6/13	75
15	11	132M/L	1755	37.5	8.80	59.9	2.8	3.4	90.0	91.0	91.7	0.67	0.78	0.84	1.15	0.06978	4/13	78
20	15	160M	1755	53.3	6.70	81.7	2.3	2.4	90.0	91.0	92.4	0.69	0.78	0.80	1.15	0.10538	15/33	120
25	18.5	160L	1760	64.7	6.50	100	2.7	2.6	91.0	92.3	92.6	0.65	0.75	0.81	1.15	0.13048	13/29	135
30	22	180M	1760	73.9	7.00	119	2.5	2.6	91.5	92.5	93.0	0.71	0.80	0.84	1.15	0.19733	9/20	211
40	30	200M	1770	99.6	6.40	162	2.1	2.2	91.7	93.0	93.0	0.74	0.82	0.85	1.15	0.27579	15/33	244
50	37	200L	1770	123	6.00	200	2.2	2.2	92.4	93.0	93.2	0.75	0.82	0.85	1.15	0.35853	14/31	274
60	45	225S/M	1780	147	7.20	242	2.3	2.7	92.0	93.3	93.6	0.74	0.82	0.86	1.15	0.69987	16/35	410
75	55	225S/M	1775	174	7.30	296	2.2	2.8	92.5	93.6	94.1	0.76	0.85	0.88	1.15	0.83984	13/29	410
100	75	250S/M	1780	245	8.40	403	2.7	3.1	93.0	94.2	94.5	0.72	0.80	0.85	1.15	1.15478	10/22	510
125	90	280S/M	1780	294	6.70	483	2.1	2.5	93.0	93.8	94.5	0.72	0.80	0.85	1.15	1.92710	23/51	700
150	110	280S/M	1780	353	7.00	590	2.5	2.5	93.0	94.5	95.0	0.78	0.83	0.86	1.15	2.40888	24/53	740
175	132	315S/M	1780	419	6.80	709	2.3	2.5	93.6	94.8	95.0	0.81	0.85	0.87	1.15	2.56947	24/53	841
200	150	315S/M	1780	476	7.00	805	2.5	2.5	94.1	94.7	95.0	0.81	0.85	0.87	1.15	2.81036	25/55	868
250	185	315S/M	1785	591	8.00	990	3.0	2.8	94.0	95.2	95.5	0.76	0.82	0.86	1.15	3.77391	22/48	1005
270	200	355M/L	1785	620	6.50	1071	1.9	1.9	94.0	95.0	95.1	0.81	0.87	0.89	1.15	5.96530	44/96	1358
300	220	355M/L	1790	687	7.00	1174	1.8	2.2	93.0	95.0	95.5	0.79	0.85	0.88	1.15	6.33813	43/95	1400
350	260	355M/L	1790	817	7.30	1388	2.0	2.1	94.2	95.5	96.0	0.74	0.84	0.87	1.15	7.45663	30/66	1488
400	300	355M/L	1790	933	6.60	1601	2.1	2.1	93.9	95.2	95.9	0.77	0.85	0.88	1.15	9.32079	42/92	1590
450	330	355M/L	1790	1020	7.00	1762	2.1	2.1	94.2	95.6	96.1	0.77	0.85	0.88	1.15	10.25259	46/103	1702
*500	370	355M/L	1790	1150	6.60	1975	2.1	2.2	94.0	95.6	96.2	0.78	0.85	0.88	1.15	11.1850	36/79	1795

Figura A.14 Selección de motor eléctrico (WEG, 2016)

MOTORES TRIFASICOS - IP55



DIMENSIONES EN mm



Carcasa IEC	A	AA	AB	AC	AD	B	BA	BB	C	CA	Punta del eje delantera						Punta del eje trasera						H	HA	HC	HD	K	L	LC	S1	d1	d2	Rodamientos	
											∅D	E	ES	F	G	GD	∅DA	EA	TS	FA	GB	GF											Del.	Tras.
											63	180	21	11.6	125	113	80	22	95	40	78	116											23	14
71	112	30	132	141	121	90	38	113.5	45	88	144	30	14	5	11	5	116	23	14	4	85	4	71	12	139	7	248	274	1/2	A3.15	6203-2Z	6202-2Z		
80	125	35	149	159	130	100	40	125.5	50	93	196	40	22	6	15.5	6	144	30	14	11	11	8	13	157	10	276	313			6204-2Z	6203-2Z			
90S	140	38	164	179	150	125	42	131	56	104	246	50	28	8	20	8	164	40	25	5	13	5	90	15	177	10	304	350	EWG		6205-2Z	6204-2Z		
90L	140	38	164	179	150	125	42	156	56	104	246	50	28	8	20	8	164	40	25	5	13	5	90	15	177	10	329	375	3/4		6206-2Z	6205-2Z		
100L	160	47	188	199	160	140	50	173	63	118	286	60	36	8	24	8	214	50	28	6	185	4	100	14	198	12	376	431			6207-2Z	6206-2Z		
112M	190	48	220	222	180	140	50	177	70	128	286	60	36	8	24	8	214	50	28	6	185	4	100	14	198	12	393	448	EWG		6207-2Z	6206-2Z		
132S	216	51	248	270	207	178	55	187	89	150	384	60	56	10	33	10	284	60	36	8	214	7	132	20	274	319	452	519	1"		6208-2Z	6207-2Z		
132M	216	51	248	270	207	178	55	225	89	150	384	60	56	10	33	10	284	60	36	8	214	7	132	20	274	319	490	557						

Figura A.15 Características de motor eléctrico seleccionado (WEG, 2016)

Tipo de rodamiento	Características técnicas	NTN	SNR	FAG	SKF	NSK
De 1 hilera de bolas Series 600-6700-6800 (61800)-6900(61900)- 6000-6200-6300-6400 200-300-16000- 16100 / BL200-BL300	1 ó 2 deflectores de chapa	Z / ZZ	Z / ZZ	ZR / 2ZR	Z / ZZ	Z / ZZ
	1 ó 2 estanquidades con contacto	LU / LLU	E / EE	RSR / 2RSR	RS1 / 2RS1	DU / DDU
	1 ó 2 estanquidades sin contacto	LB / LLB		RSR/2RSR-BRS/2BRS	RZ / 2RZ	V / W
	Ranura sin / con segmento de retención	N / NR	N / NR	N / NR	N / NR	N / NR
	Juego interno (si distinto del juego radial normal)	C2 / C3 etc...	C2 / C3 etc...	C2 / C3 etc...	C2 / C3 etc...	C2 / C3 etc...
De 2 hileras de bolas Series 4200-4300	Jaula poliamida		Sin sufijo		TN9	TNG
	Sin ranura de llenado		A		A	B
	Juego interno (si distinto del juego radial normal)		J20 / J30 etc...		C2 / C3 etc...	C2 / C3 etc...
De 1 hilera de bolas de contacto oblicuo (gama estándar) Series 7000-7800(71800)- 7900(71900)-7200- 7300-7400	Ángulo de contacto 40°	B	B	B	B	B
	Ángulo de contacto 15°	C	C		E	C
	Jaula poliamida	T2	A	TVP	P	T85 / TYN
	Jaula chapa de acero	Sin sufijo			J	W
	Jaula maciza latón	L1	M	MP	M	Sin sufijo
	Emparejamiento universal	G	G	UA / UO	CB / G	G / SU
De 2 hileras de bolas a rótula Series 1200-1300 2200-2300-100 11200-11300-11500	Jaula chapa de acero	J	Sin sufijo		Sin sufijo	Sin sufijo
	Jaula poliamida	T2	G15	TV	TN, TN9	TNG
	2 estanquidades con contacto		EE	2RS	2RS1	2RS
	Juego interno (si distinto de juego radial normal)	C2 / C3 etc...	J20 / J30 etc...	C2 / C3 etc...	C2 / C3 etc...	C2 / C3 etc...
	Diámetro interior cónico 1:12	K	K	K	K	K
De 2 hileras de bolas de contacto oblicuo Series 3200-3300 Series 5200-5300	Ángulo de contacto de 32 a 35° con ranura	No hay 3xxx	A	Sin sufijo	Sin sufijo	Sin sufijo
	Ángulo de contacto de 25 a 32° con ranura	3xxxS	B	B	A	B
	Jaula poliamida	T2	G15	TVH / TVP	TN9	TNG
	Jaula chapa de acero	Sin sufijo	Sin sufijo	Sin sufijo	Sin sufijo	J
	1 ó 2 deflectores de chapa	5xxxSCZZ	5000 ZZ	ZR / 2ZR	Z / ZZ	Z / ZZ
	1 ó 2 estanquidades con contacto	5xxxSCLLD/LLU	5000 EE	RSR / 2RSR	RS1 / 2RS1	DU / DDU
	1 ó 2 estanquidades sin contacto	5xxxSCLLM	5000 EE	RSR / 2RSR	RS1 / 2RS1	V / VV
Juego interno (si distinto de juego radial normal)	C2 / C3 etc...	J20 / J30 etc...	C2 / C3 etc...	C2 / C3 etc...	C2 / C3 etc...	

Figura A.16 Tabla comparativa de tipos de rodamientos (SKF, 2015)

● Interruptores de botón Ø30 (realzados).



Modelo	Contactos	
	A	B
S3PR - P1□A	1c/u	
* - * □2A	2c/u	
* - * □3A	3c/u	
* - * □B		1c/u
* - * □2B		2c/u
* - * □3B		3c/u
* - * □AB	1c/u	1c/u
* - * □2AB	2c/u	1c/u
* - * □A2B	1c/u	2c/u

□ Representa los colores : R, B, G, Y, K.

- Diseño sencillo y elegante.
- Barreno de montaje: Ø30.5mm.

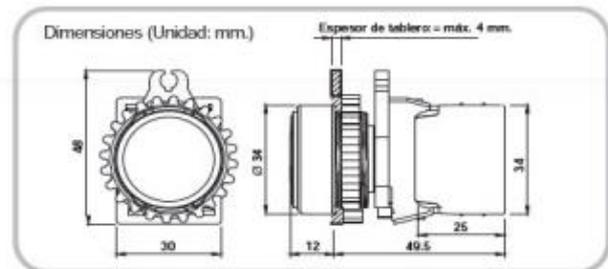


Figura A.17 Ficha técnica de botón de encendido a utilizar en la máquina (Autonics)

**Botones de paro en emergencia
Ø22 / 25 cabeza D30S (realzados).**



Modelo	Contactos	
	A	B
S2ER - E2RA	1c/u	
* - * 2A	2c/u	
* - * 3A	3c/u	
* - * B		1c/u
* - * 2B		2c/u
* - * 3B		3c/u
* - * AB	1c/u	1c/u
* - * 2AB	2c/u	1c/u
* - * A2B	1c/u	2c/u

- Diseño que ahorra espacio.
- Barreno de montaje: Ø22.5 / 25.5mm.
- EMPUJE PARA TRABAR Y GIRE PARA RESTABLECER.

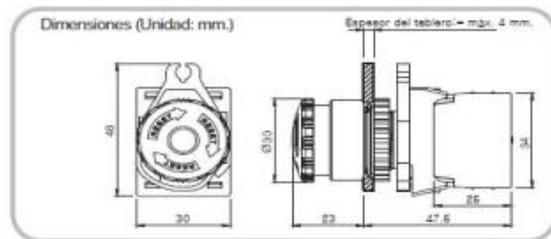


Figura A.18 Ficha técnica de botón de apagado/emergencia a ser instalado en el equipo (Autonics)

APÉNDICE B

Cálculos de la cuchilla de corte

Las cuchillas de corte se analizaron como una viga en cantiliver, en donde las fuerzas actuantes son la fuerza de corte y el peso ejercida por las frutas en la tolva por cada ciclo.

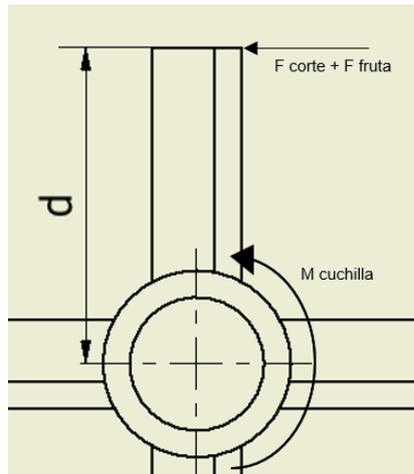


Figura B.1 Representación gráfica de distribución de fuerzas actuantes en la cuchilla
[Elaboración propia]

La siguiente ecuación representa el momento generado en el bocín:

$$M_{cuchilla} = (F_{fruta} + F_{corte}) * d \quad (B.1)$$

Donde:

F_{fruta} = Fuerza generada por el peso de la fruta [N]

d = Distancia de alargamiento de la cuchilla [m]

$$M_{cuchilla} = (99.96 + 50.5) * 0.05$$
$$M_{cuchilla} = 7.523 \text{ [Nm]}$$

La inercia de la cuchilla se calcula con la siguiente ecuación:

$$I_{cuchilla} = \frac{bh^3}{12} \quad (B.2)$$

Donde:

b = Espesor de la cuchilla [m]

h = Largo de la cuchilla [m]

Para el análisis por flexión de las cuchillas tenemos que, el esfuerzo por flexión está dado por la siguiente ecuación:

$$\sigma = \frac{M_{cuchilla}C}{I_{cuchilla}} \quad (B.3)$$

El valor de C se calcula con la siguiente ecuación:

$$C = \frac{h}{2} \quad (B.4)$$

$$C = \frac{0.006}{2} = 0.003 [m]$$

$$I_{cuchilla} = \frac{0.015 * 0.006^3}{12}$$

$$I_{cuchilla} = 2.7 \times 10^{-10} [m^4]$$

$$\sigma = \frac{7.523 [Nm] * 0.003 [m]}{2.7 \times 10^{-10} [m^4]}$$

$$\sigma = 83.59 [MPa]$$

Para el análisis por fatiga de la cuchilla tenemos que la relación de resistencia a la fatiga es la siguiente:

$$Se' = 0.5 * S_{ut} \quad (B.5)$$

$$Se' = 0.5 * 515 [MPa]$$

$$Se' = 257.5 [MPa]$$

Para la corrección de la resistencia a la fatiga nos valemos de los siguientes factores:

El factor de acabado superficial es el siguiente:

$$K_a = a S_{ut}^{-0.265} \quad (\text{B.6})$$

$$K_a = 4.45 * 515^{-0.265}$$
$$K_a = 0.85$$

El factor de corrección de tamaño es:

$$K_b = 1$$

El factor de confiabilidad es:

$$K_c = 1$$

El factor de temperatura; $T \leq 450^\circ\text{C}$, es:

$$K_d = 1$$

El factor de corrección de tamaño es:

$$K_e = 1$$

La resistencia a la fatiga corregida es la que se muestra a continuación:

$$S_e = S_e' * K_a * K_b * K_c * K_d * K_e \quad (\text{B.7})$$

$$S_e = 257.5[\text{MPa}] * 0.85 * 1 * 1 * 1 * 1 * 1$$
$$S_e = 218.88 [\text{MPa}]$$

El factor de seguridad es el siguiente:

$$n = \frac{Se}{\sigma} \quad (\text{B.8})$$

$$n = \frac{218.88}{83.59} = 2.62$$

Cálculos de inercia del agitador

Para el cálculo de la inercia del agitador, se procedió con el cálculo de las inercias de cada elemento de este, comenzando con las láminas 1 y 2. Se consideró un total de 6 láminas de acero inoxidable AISI 304 de 6 mm de espesor. Para obtener el momento de inercia de las láminas lo aproximamos con la densidad del material a utilizar, para así obtener la masa de cada una de las láminas. El valor de la densidad para el acero inoxidable AISI 304 es el siguiente:

$$\rho_{\text{AISI304}} = 7.92 \text{ [gr/cm}^3\text{]}$$

El volumen de la lámina se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$V_1 = a * l * e \quad (\text{B.9})$$

Donde:

a = ancho de la lámina 1 [m]

l = longitud de la lámina 1 [m]

e = espesor de lámina 1 [m]

$$\begin{aligned} V_1 &= 25 * 85 * 6 \\ V_1 &= 12.75 \times 10^{-6} \text{ [m}^3\text{]} \end{aligned}$$

La masa de la lámina 1 se la calculó con la siguiente ecuación:

$$m_{\text{lamina1}} = V_1 * \rho_{\text{AISI304}} \quad (\text{B.10})$$

$$m_{lamina1} = 12.75 \times 10^{-6} [m^3] * 7.92 \left[\frac{gr}{cm^3} \right] * \frac{1kg * (100cm)^3}{1000gr * 1m^3}$$

$$m_{lamina1} = 0,101 [kg]$$

El momento de inercia de la lámina 1 se calcula con la siguiente expresión matemática:

$$I_{lamina1} = \frac{1}{12} m_{lamina1} (a^2 + e^2) \quad (B.11)$$

$$I_{lamina1} = \frac{0.101}{12} (0.025^2 + 0.006^2)$$

$$I_{lamina1} = 5.56 \times 10^{-6} [kg * m^2]$$

La inercia total relacionada a la lámina 1 del agitador se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$I_{l1-total} = 3 * I_{lamina1} \quad (B.12)$$

$$I_{l1-total} = 3 * 5.56 \times 10^{-6}$$

$$I_{l1-total} = 16.6 \times 10^{-6} [kg * m^2]$$

De la misma manera se calculó la inercia total relacionada con la lámina 2, soporte del rascador y rascador obteniendo los siguientes valores:

$$I_{l2-total} = 13.054 \times 10^{-6} [kg * m^2]$$

$$I_{SR-total} = 25.842 \times 10^{-3} [kg * m^2]$$

$$I_{R-total} = 6.741 \times 10^{-2} [kg * m^2]$$

Se aplicó el teorema de Steiner para obtener el momento de inercia total con respecto al eje motriz. A continuación, se muestran las inercias de Steiner para cada caso.

$$I_{Steiner_{L1}} = 1.238 \times 10^{-3} [kg * m^2]$$

$$I_{Steiner_{L2}} = 0.942 \times 10^{-3} [kg * m^2]$$

$$I_{Steiner_{SR}} = 3.224 \times 10^{-2} [kg * m^2]$$

$$I_{Steiner_{R}} = 9.27 \times 10^{-2} [kg * m^2]$$

Una vez obtenida cada una de las inercias de los componentes que conforman el agitador, se procedió con el cálculo de la inercia total del agitador. Tenemos que:

$$I_{Total} = I_{Steiner_{L1}} + I_{Steiner_{L2}} + I_{Steiner_{SR}} + I_{Steiner_{R}} \quad (B.13)$$

$$I_{Total} = 1.238 \times 10^{-3} + 0.942 \times 10^{-3} + 3.224 \times 10^{-2} + 9.27 \times 10^{-2}$$

$$I_{Total} = 0.1271 \text{ [kg} \cdot \text{m}^2\text{]}$$

La energía cinética rotacional del agitador se obtiene con la siguiente ecuación:

$$E_c = \frac{1}{2} I_{Total} \omega^2 \quad (B.14)$$

Donde:

ω = velocidad rotacional de operación del equipo [rad/s]

$$E_c = \frac{1}{2} (0.1271 \text{ [kg} \cdot \text{m}^2\text{]}) \left(52.36 \left[\frac{\text{rad}}{\text{s}} \right] \right)^2$$

$$E_c = 174.23 \text{ [Nm]}$$

Potencia del equipo

La potencia requerida para el agitador es la energía cinética rotacional por unidad de tiempo de filtrado de la pulpa y se expresa de la siguiente manera:

$$P_{agitador} = \frac{E_c}{t} \quad (B.15)$$

$$P_{agitador} = \frac{174.23 \text{ [Nm]}}{20 \text{ [s]}}$$

$$P_{agitador} = 8.72 \text{ [W]}$$

La potencia requerida para las cuchillas de corte se la calcula de la siguiente forma:

$$P_c = (F_{fruta} + F_{corte}) * r * \omega \quad (B.16)$$

Donde:

r = Brazo de fuerza de la cuchilla de corte [m]

$$P_c = 159.96 [N] * 0.11[m] * 52.36 \left[\frac{rad}{s} \right]$$

$$P_c = 921.31 [W]$$

La potencia total del motor está dada por la suma de potencias requeridas del sistema y se la calcula de la siguiente manera:

$$P_{motor} = P_c + P_{agitador} \quad (B.17)$$

$$P_{motor} = 921.31 + 8.72$$

$$P_{motor} = 930.03 [W]$$

$$P_{motor} = 1.25 [HP]$$

Cálculos de los rascadores rotatorios

Una vez que fue seleccionado el motor, podemos saber cuál es el par impartido por el motor, el cual se calcula con la siguiente ecuación:

$$T = \frac{P_{motorc}}{\omega} \quad (B.18)$$

Donde:

P_{motorc} = Potencia corregida del motor [hp]

$$T = \frac{2[hp]}{52.36 \left[\frac{rad}{s} \right]}$$

$$T = 28.48 [N]$$

Con el par transmitido del motor podemos obtener la fuerza a la que está sometida el rascador de nylon con la siguiente ecuación:

$$F = \frac{T}{0.09} \quad (B.19)$$

$$F = \frac{28.48}{0.09}$$

$$F = 316.44[N]$$

Ya que esta fuerza está actuando sobre una superficie se la modela como carga distribuida uniforme, la cual se calcula con la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{F}{L} \quad (\text{B.20})$$

Donde:

L = Longitud del rascador de nylon [m]

$$Q = \frac{316.44}{0.294}$$

$$Q = 1076.32 \left[\frac{N}{m} \right]$$

A continuación, se muestra el diagrama de cuerpo libre para el rascador:

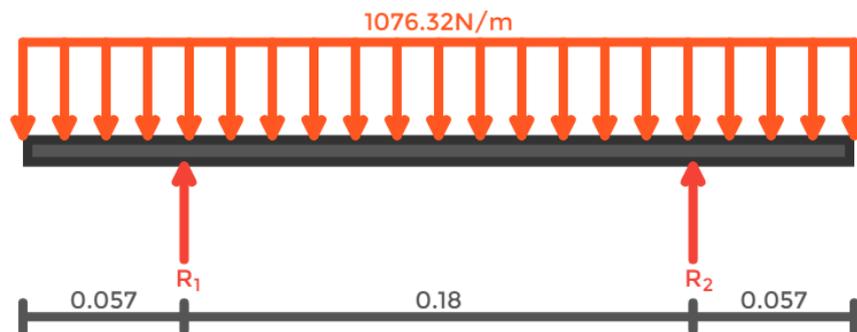


Figura B.2 Diagrama de cuerpo libre del rascador [Elaboración propia]

Por sumatoria de fuerzas calculamos las reacciones de la siguiente manera:

$$\sum F_y = 0$$

$$R_1 + R_2 = 316.44[N]$$

$$R_1 \approx R_2 \approx R \rightarrow \text{Por simetria}$$

$$R = \frac{316.44}{2}$$

$$R = 158.22[N]$$

Luego, se realizan los diagramas de fuerza cortante y de momento flector, que se muestran a continuación:

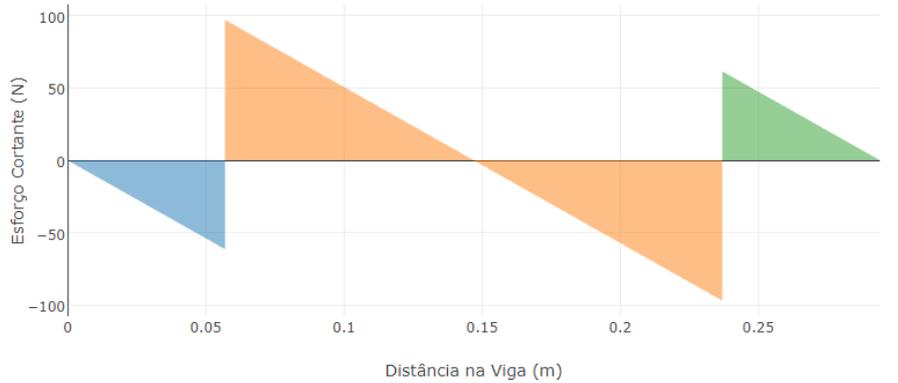


Figura B.3 Diagrama de fuerza cortante del rascador [Elaboración propia]

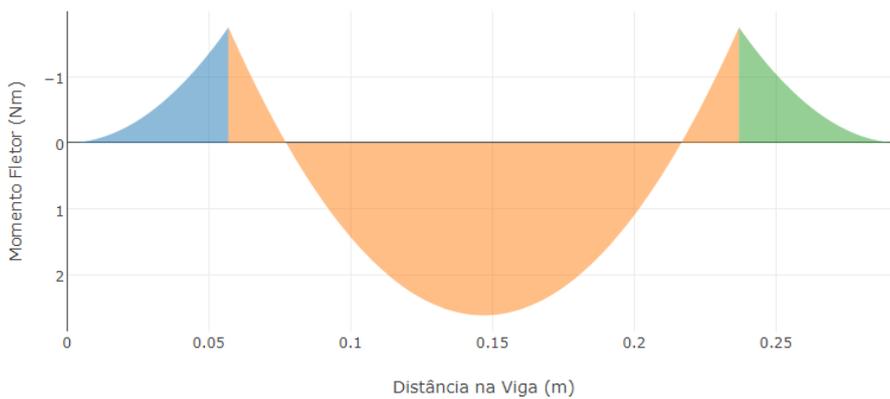


Figura B.4 Diagrama de momento flector del rascador [Elaboración propia]

Según el diagrama obtenido, el mayor momento flector al que está sometido es rascador es:

$$M_{max} = 2.61 [Nm]$$

El esfuerzo por flexión en el rascador se obtuvo de la siguiente forma:

$$\sigma = \frac{MC}{I}$$

$$\sigma = \frac{M \frac{h}{2}}{I}$$

$$\sigma = \frac{2.61 * 0.002}{1.55 \times 10^{-7}}$$

$$\sigma = 33.7 [MPa]$$

Tenemos que la resistencia a la fatiga es la siguiente:

$$\begin{aligned}Se' &= 0.5 * S_{ut} \\Se' &= 0.5 * 515 [MPa] \\Se' &= 257.5 [MPa]\end{aligned}$$

Para la corrección de la resistencia a la fatiga se utilizan los siguientes factores de corrección:

$$Se = Se' * Ka * Kb * Kc * Kd * Ke$$

Para el factor de acabado superficial tenemos:

$$\begin{aligned}Ka &= a S_{ut}^{-0.265} \\Ka &= 4.45 * 515^{-0.265} \\Ka &= 0.85\end{aligned}$$

Para el factor de corrección de tamaño tenemos:

$$Kb = 1$$

Para el factor de confiabilidad tenemos:

$$Kc = 1$$

Para el factor de temperatura; $T \leq 450^{\circ}C$, tenemos:

$$Kd = 1$$

Para el factor de corrección de tamaño tenemos:

$$Kb = 1$$

Para el concentrador de esfuerzos tenemos los siguientes cálculos:

$$K_e = \frac{1}{K_f}$$

$$K_f = 1 + q(K_t - 1)$$

$$K_f = 1 + 0.78(2.3 - 1)$$

$$K_f = 2.01$$

$$K_e = \frac{1}{2.01}$$

$$K_e = 0.5$$

Entonces la resistencia a la fatiga corregida viene dada de la siguiente manera:

$$S_e = 257.5 \text{ [MPa]} * 0.85 * 1 * 1 * 1 * 1 * 1 * 0.5$$

$$S_e = 109.44 \text{ [MPa]}$$

Por último, el factor de seguridad viene dado por la siguiente expresión:

$$n = \frac{S_e}{\sigma}$$

$$n = \frac{109.44}{33.7} = 3.2$$

Cálculo de láminas de soporte

Las láminas de soporte del agitador son laminas perpendicular al eje, las cuales son encargadas de conectar al eje motriz con los raspadores. Por lo tanto, la fuerza sometida a los raspadores es proporcional a los 2 soportes existentes. El momento máximo lo obtenemos de la siguiente forma:

$$M = \left(\frac{F}{2}\right) * d_{lámina} \quad (\text{B.21})$$

Donde:

$d_{lámina}$ = brazo de fuerza de las láminas de soporte [m]

$$M = \frac{316.44}{2} * 0.65$$

$$M = 102.84 \text{ [Nm]}$$

El esfuerzo por flexión se lo calculó de la siguiente manera:

$$\sigma = \frac{MC}{I}$$
$$\sigma = \frac{M \frac{h}{2}}{I}$$
$$\sigma = \frac{102.84 * 0.003}{4.5 \times 10^{-9}}$$
$$\sigma = 68.56 [MPa]$$

La resistencia a la fatiga viene dada por la siguiente expresión matemática:

$$Se' = 0.5 * S_{ut}$$
$$Se' = 0.5 * 515 [MPa]$$
$$Se' = 257.5 [MPa]$$

El factor de acabado superficial se lo calculó con la siguiente ecuación:

$$Ka = a S_{ut}^{-0.265}$$
$$Ka = 4.45 * 515^{-0.265}$$
$$Ka = 0.85$$

El factor de corrección de tamaño es:

$$Kb = 1$$

El factor de confiabilidad es

$$Kc = 1$$

El factor de temperatura; $T \leq 450^{\circ}C$, es:

$$Kd = 1$$

El factor de corrección de tamaño es:

$$Kb = 1$$

El concentrador de esfuerzos viene dado por:

$$K_e = \frac{1}{K_f}$$
$$K_f = 1 + q(K_t - 1)$$
$$K_f = 1 + 0.78(2.3 - 1)$$
$$K_f = 2.01$$

$$K_e = \frac{1}{2.01}$$
$$K_e = 0.5$$

Finalmente, la resistencia a la fatiga corregida viene dada de la siguiente manera:

$$S_e = S_e' * K_a * K_b * K_c * K_d * K_e$$
$$S_e = 257.5 [MPa] * 0.85 * 1 * 1 * 1 * 1 * 0.5$$
$$S_e = 109.44 [MPa]$$

Y el factor de seguridad por análisis de fatiga se lo calculó con la siguiente expresión:

$$n = \frac{S_e}{\sigma}$$
$$n = \frac{109.44}{68.56} = 1.6$$

Cálculos de paleta de expulsión

El momento máximo que se genera en las paletas viene dado por la siguiente expresión:

$$M = \left(\frac{F}{2}\right) * d$$
$$M = \frac{316.44}{2} * 0.6$$
$$M = 94.93 [Nm]$$

El esfuerzo de flexión aplicado sobre la paleta es el siguiente:

$$\sigma = \frac{MC}{I}$$
$$\sigma = \frac{94.93 * 0.003}{5.4 \times 10^{-9}}$$
$$\sigma = 52.74 [MPa]$$

Para el análisis por resistencia a la fatiga, se obtuvo que:

$$\begin{aligned}S_e' &= 0.5 * S_{ut} \\S_e' &= 0.5 * 515 [MPa] \\S_e' &= 257.5 [MPa]\end{aligned}$$

El factor de acabado superficial es:

$$\begin{aligned}K_a &= a S_{ut}^{-0.265} \\K_a &= 4.45 * 515^{-0.265} \\K_a &= 0.85\end{aligned}$$

El factor de corrección de tamaño es:

$$K_b = 1$$

El factor de confiabilidad es:

$$K_c = 1$$

El factor de temperatura; $T \leq 450^\circ C$, es:

$$K_d = 1$$

El factor de corrección de tamaño es:

$$K_b = 1$$

El concentrador de esfuerzos es:

$$K_e = 1$$

La resistencia a la fatiga corregida viene dada por la siguiente expresión:

$$\begin{aligned}
 Se &= Se' * Ka * Kb * Kc * Kd * Ke \\
 Se &= 257.5 [MPa] * 0.85 * 1 * 1 * 1 * 1 * 1 \\
 Se &= 218.88 [MPa]
 \end{aligned}$$

Y finalmente, el factor de seguridad por análisis de resistencia a la fatiga se calculó de la siguiente forma:

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{Se}{\sigma} \\
 n &= \frac{218.88}{52.74} = 4.15
 \end{aligned}$$

Cálculo de la tensión en las poleas

Estas tensiones son una variable importante para el diseño del eje de transmisión.

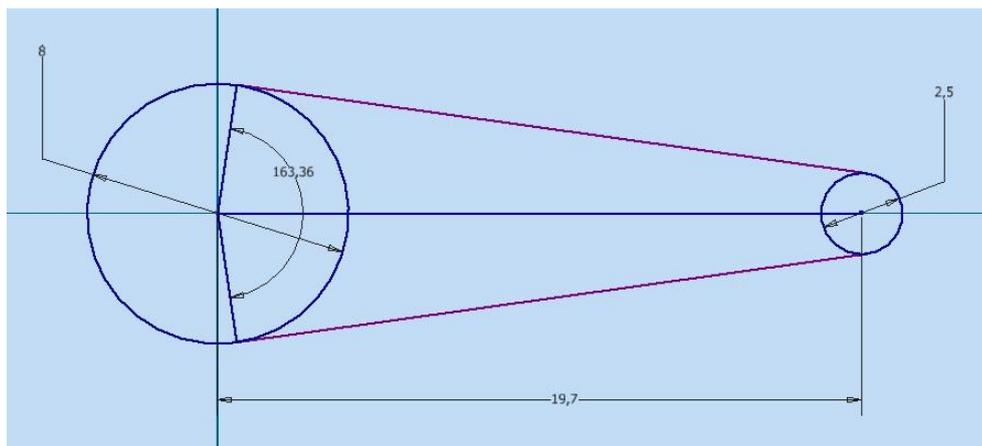


Figura B.5 Diagrama simplificado de los perfiles de la banda y poleas [Elaboración propia]

El ángulo de contacto entre la polea impulsada y las bandas es el siguiente:

$$\beta = 196.64^\circ = 3.34 [rad]$$

Para hallar una relación entre las tensiones ejercidas por las bandas sobre las poleas, se utilizó la siguiente ecuación:

$$\frac{T_1}{T_2} = e^{\frac{0.28 \beta}{\text{Sen}\left(\frac{\beta}{2}\right)}} \quad (B.22)$$

$$\frac{T_1}{T_2} = e^{\frac{0.28(3.34)}{\sin(\frac{34}{2})}}$$

$$\frac{T_1}{T_2} = 26.71$$

La velocidad lineal de las bandas de transmisión se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$V = \frac{184.31 * \pi d_{poleai}}{6000} \quad (B.23)$$

Donde:

d_{poleai} = Diámetro de la polea impulsada [mm]

$$V = \frac{184.31 \pi (63.5)}{6000}$$

$$V = 6.13 \left[\frac{m}{s} \right] = 54.7 \left[\frac{ft}{min} \right]$$

Otra ecuación que relaciona las tensiones ejercidas por las bandas sobre las poleas es la siguiente:

$$T_1 - T_2 = \frac{33000 P_{motorc}}{V} \quad (B.24)$$

$$T_1 - T_2 = \frac{33000(2[hp])}{54.7 \left[\frac{ft}{min} \right]}$$

$$T_1 - T_2 = 54.6[lbf] = 242.87[N]$$

Finalmente, luego de resolver matemáticamente las dos ecuaciones que relacionan las tensiones obtenemos lo siguiente:

$$T_1 = 252.32 [N]$$

$$T_2 = 9.45 [N]$$

Cálculos del eje de transmisión horizontal

El eje de transmisión es la parte fundamental del despulpador ya que es el encargado de transmitir toda la potencia del motor a los diferentes elementos que componen el prototipo. A continuación, se muestra el procedimiento para el cálculo de las reacciones:

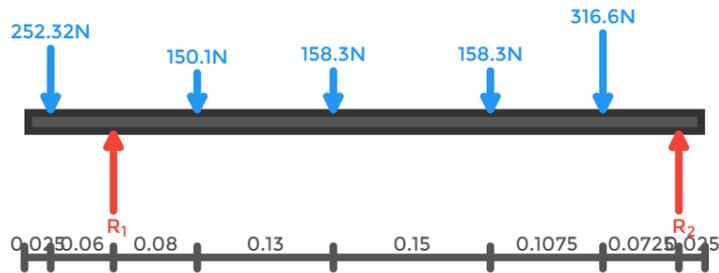


Figura B.6 Diagrama de cuerpo libre del eje de transmisión [Elaboración propia]

$$\sum F_y = 0$$

$$R_1 + R_2 = 1035.62 [N]$$

$$R_1 = 600.23 [N]$$

$$R_2 = 435.39 [N]$$

El momento flector máximo sobre el eje de transmisión se lo determinó de la siguiente forma:

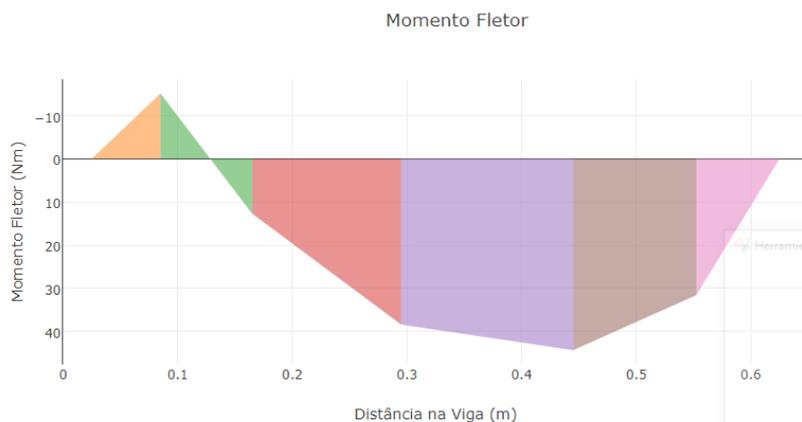


Figura B.7 Diagrama de momento flector del eje de transmisión [Elaboración propia]

$$M_1 = -15.14 [Nm] = -134 [lb - in]$$

$$M_2 = 12.7 [Nm] = 112.4 [lb - in]$$

$$M_3 = 38.4 [Nm] = 339.87 [lb - in]$$

$$M_4 = 44.33 [Nm] = 392.35 [lb - in]$$

$$M_5 = 31.7 [Nm] = 280.54 [lb - in]$$

Tenemos que M_4 es el momento máximo determinado por la gráfica de momento flector.

El par transmitido por las poleas de transmisión se lo determina de la siguiente forma:

$$T_m = \frac{P}{\omega} \quad (\text{B.25})$$

$$T_m = \frac{2[\text{hp}]}{500 [\text{rpm}]}$$
$$T_m = 28 [\text{Nm}] = 247.82 [\text{lb} - \text{in}]$$

Teniendo en cuenta las propiedades del material del eje de transmisión (Acero Inoxidable AISI 304), se realizó el cálculo del diámetro por resistencia a la fatiga. La resistencia a la fatiga corresponde al siguiente valor:

$$S_e' = 0.5 * S_{ut}$$
$$S_e' = 0.5 * 515 [\text{MPa}]$$
$$S_e' = 257.5 [\text{MPa}]$$

El factor de carga es:

$$C_{\text{carga}} = 1$$

El factor de corrección de tamaño es:

$$C_{\text{tamaño}} = 1.189d^{-0.097}$$
$$C_{\text{tamaño}} = 1.189(27)^{-0.097}$$
$$C_{\text{tamaño}} = 0.86$$

El factor de superficie es:

$$C_{\text{superficie}} = 0.79$$

El factor de temperatura; $T \leq 450^\circ\text{C}$, es:

$$C_{\text{temperatura}} = 1$$

El factor de corrección Confiabilidad al 99% es:

$$C_{conf} = 0.814$$

La resistencia a la fatiga corregida se la calcula de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} Se &= Se' * C_{carga} * C_{tamaño} * C_{Superficie} * C_{temperatura} * C_{conf} \\ Se &= 257.5 [MPa] * 1 * 0.86 * 0.79 * 1 * 0.814 \\ Se &= 142.4 [MPa] = 20.89[kPsi] \end{aligned}$$

Los factores de corrección de esfuerzos son los siguientes:

$$K_f = 2.25$$

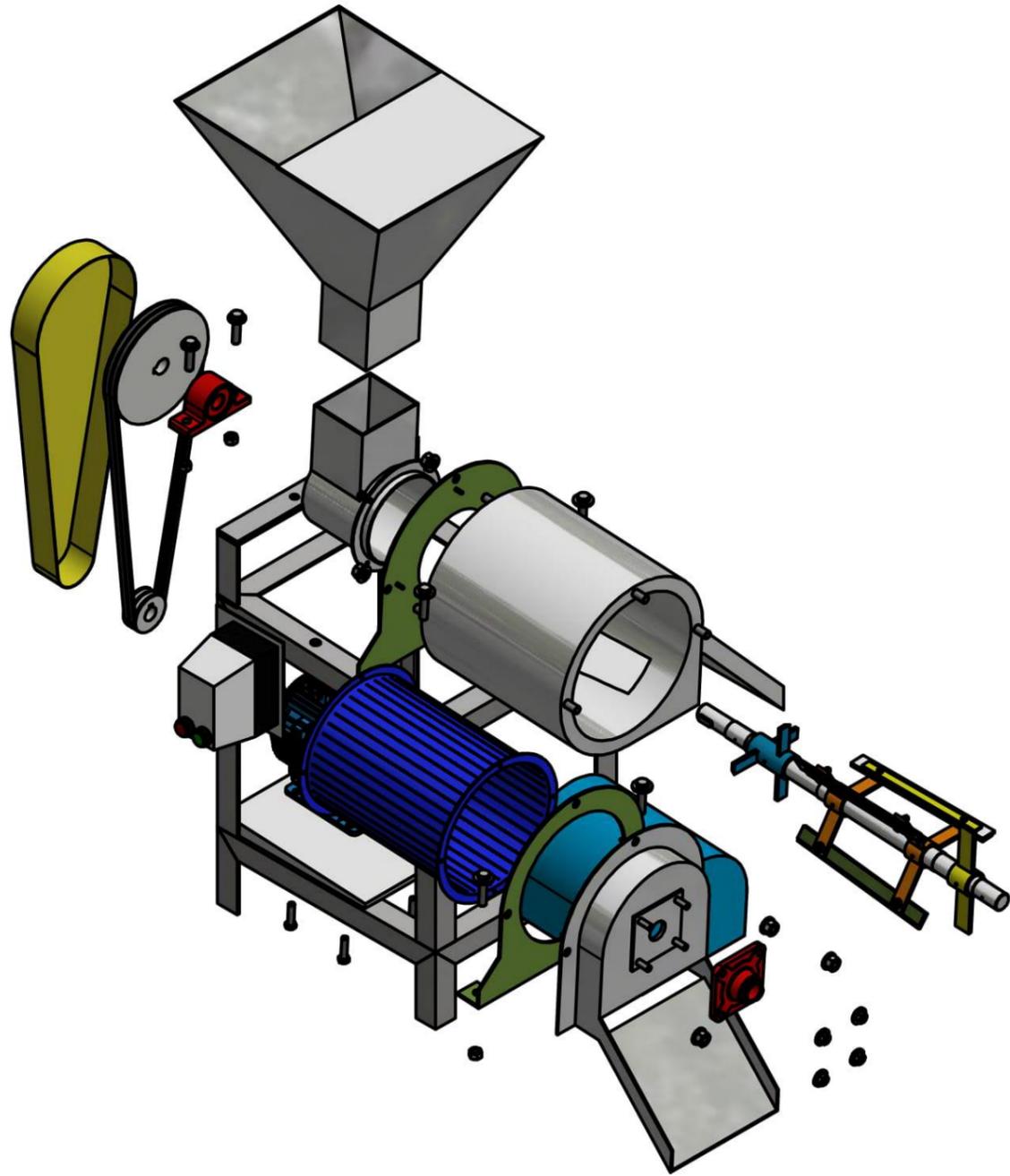
$$K_{fsm} = 1.63$$

Para el dimensionamiento del eje nos basamos en la ecuación de la norma ASME, la cual, es la siguiente:

$$d = \left\{ \frac{32N_f}{\pi} \left[\left(K_f \frac{M_a}{S_f} \right)^2 + \frac{3}{4} \left(K_{fsm} \frac{T_m}{S_y} \right)^2 \right]^{0.5} \right\}^{\frac{1}{3}} \quad (\text{B.26})$$

$$\begin{aligned} d &= \left\{ \frac{32(2.5)}{\pi} \left[\left(2.25 \frac{392.35}{20890} \right)^2 + \frac{3}{4} \left(1.63 \frac{247.82}{34809} \right)^2 \right]^{0.5} \right\}^{\frac{1}{3}} \\ d &= 1.033 [in] = 26.23[mm] \end{aligned}$$

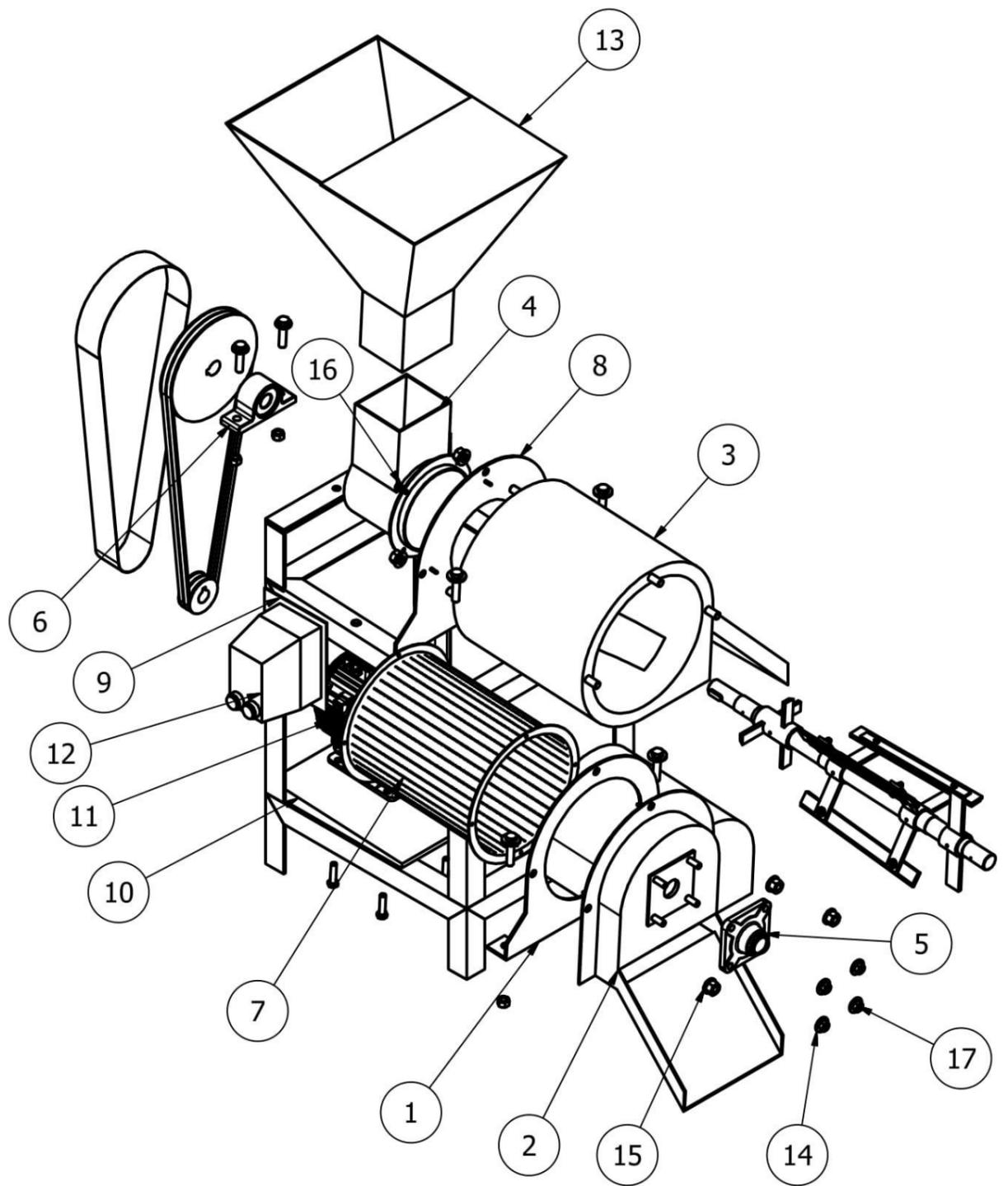
APÉNDICE C



	Fecha	Nombre	Denominación	Escala
Dib.	12/8/2020	L. Tomalá - C. Vallejo	Despulpadora de frutas - 200 Kg/h	1:10
Rev.	31/8/2020	Q. Miguel, Ph.D.		
Aprob.	2/9/2020	Q. Miguel, Ph.D.		
Firma/Empresa			Número del plano	Marca de registro
			1/27	ESPOL
			Sustitución	

6 1 5 1 4 3 1 2 1

D
C
B
A

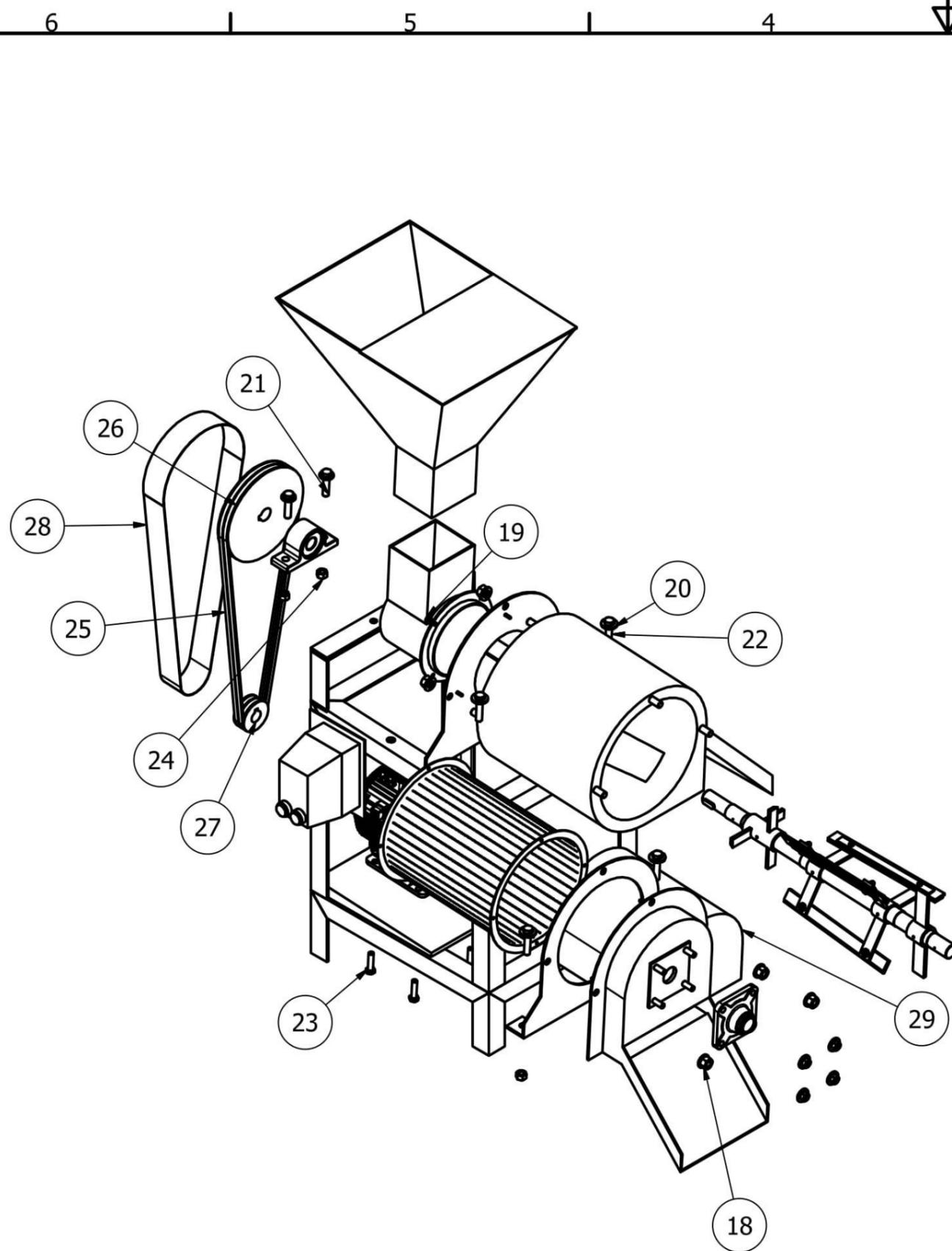


LISTA DE PIEZAS

ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
1	1	Soporte derecho	Acero Inoxidable AISI 304
2	1	Estructura de salida de desechos	Acero Inoxidable AISI 304
3	1	Estructura de salida de pulpa	Acero Inoxidable AISI 304
4	1	Estructura base de tolva	Acero Inoxidable AISI 304
5	1	Chumacera de pared	Normalizada
6	1	Chumacera de piso	Normalizada
7	1	Tamiz	Acero Inoxidable AISI 304
8	1	Soporte izquierdo	Acero Inoxidable AISI 304
9	1	Soporte sistema de control	Acero Inoxidable AISI 304
10	1	Placa soporte motor electrico	Acero Inoxidable AISI 304
11	1	Motor electrico	Monofásico 110V 2HP
12	1	Sistema de control	Normalizado
13	1	Tolva de alimentación	Acero Inoxidable AISI 304
14	4	ANSI B18.22M - 10 R	Arandelas métricas planas
15	8	ANSI B18.22M - 14 N	Arandelas métricas planas
16	4	ANSI B18.22M - 6 N	Arandelas métricas planas
17	8	AS 1112 - M10 Tipo 8	Tuercas hexagonales ISO métricas

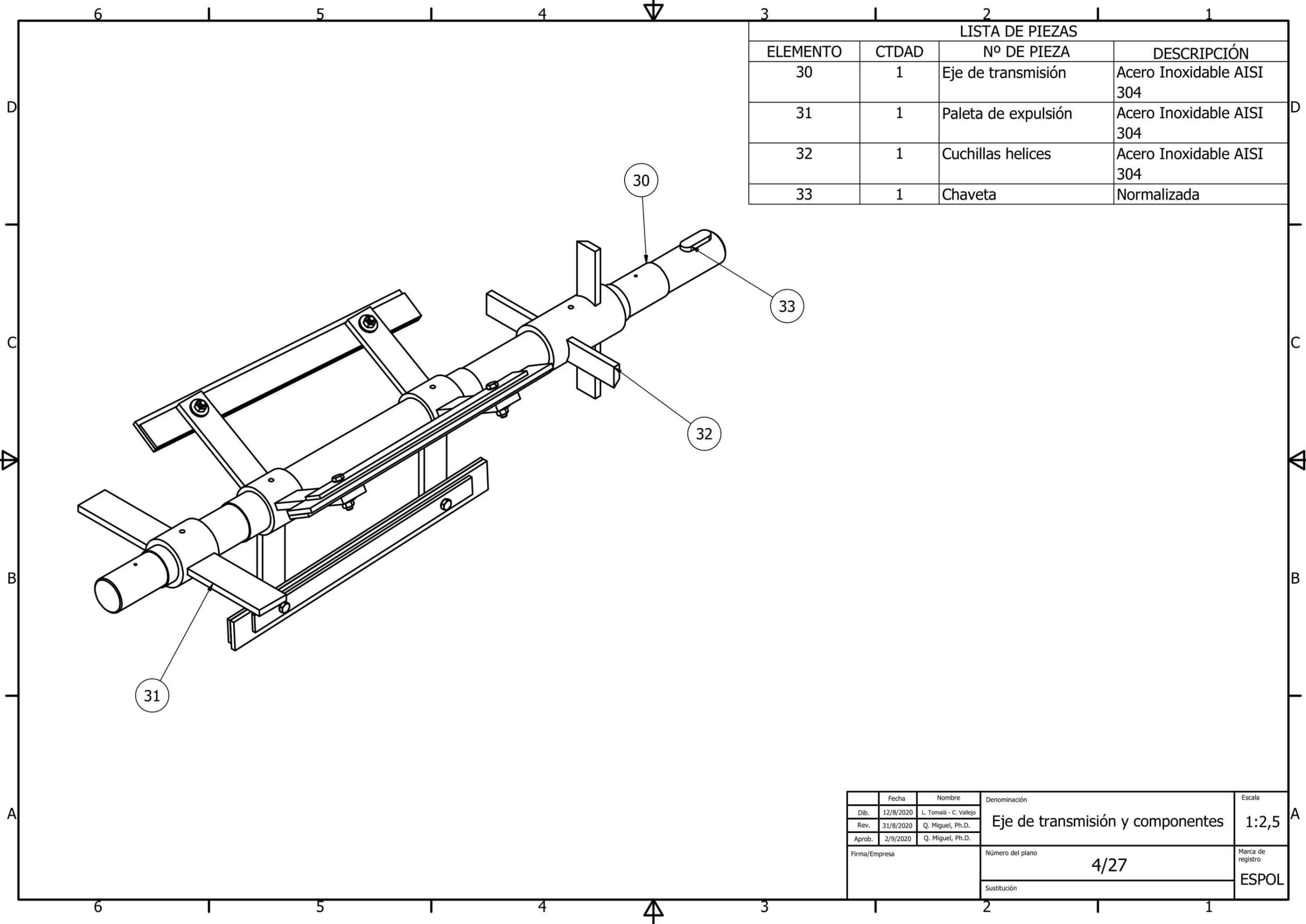
	Fecha	Nombre	Denominación	Escala
Dib.	12/8/2020	L. Tomalá - C. Vallejo	Despulpadora de frutas - 200 Kg/h	1:10
Rev.	31/8/2020	Q. Miguel, Ph.D.		
Aprob.	2/9/2020	Q. Miguel, Ph.D.		
Firma/Empresa			Número del plano	Marca de registro
			2/27	ESPOL
			Sustitución	

6 1 5 1 4 3 1 2 1



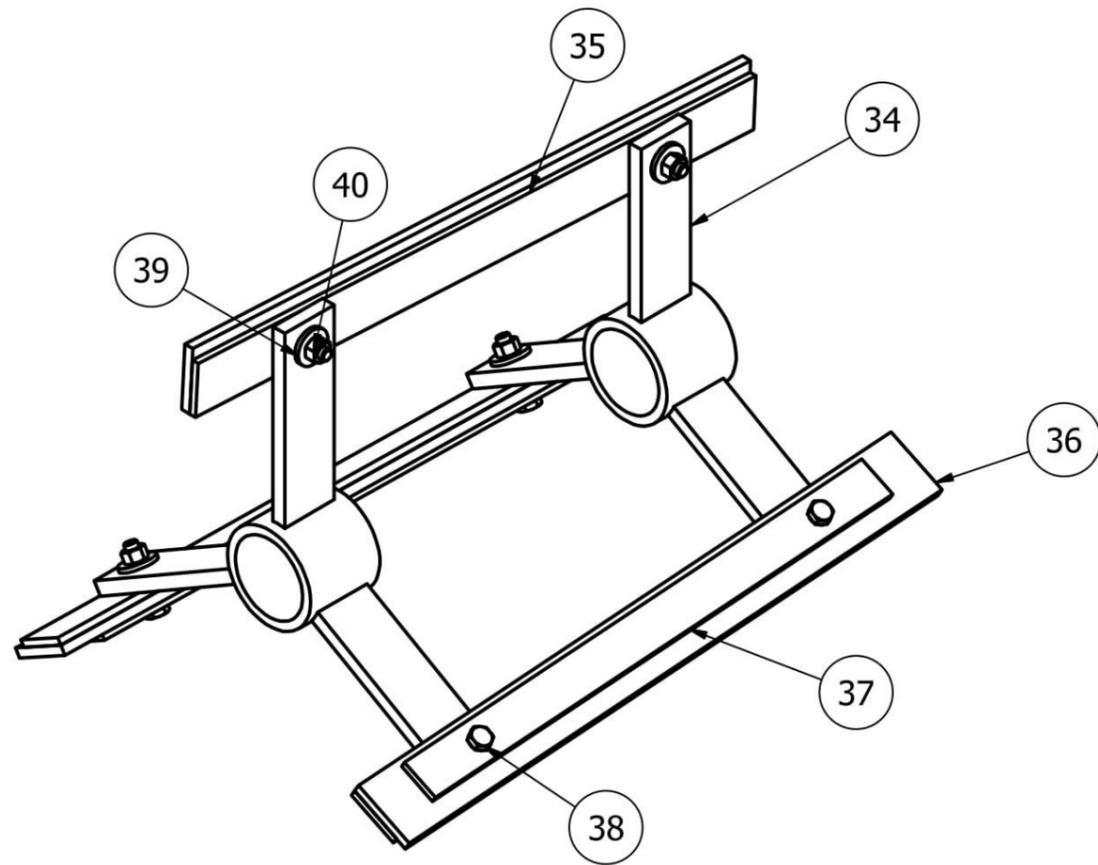
LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
18	6	AS 1112 - M14 Tipo 10	Tuercas hexagonales ISO métricas
19	4	AS 1112 - M6 Tipo 8	Tuercas hexagonales ISO métricas
20	4	ANSI B18.22M - 16 N	Arandelas métricas planas
21	2	AS 1110 - M12 x 50	Pernos y tornillos métricos ISO de precisión de cabeza hexagonal
22	4	AS 1110 - M12 x 55	Pernos y tornillos métricos ISO de precisión de cabeza hexagonal
23	4	AS 1110 - M10 x 40	Pernos y tornillos métricos ISO de precisión de cabeza hexagonal
24	6	AS 1112 - M12 Tipo 8	Tuercas hexagonales ISO métricas
25	2	Correa trapezoidal	Normalizada
26	1	Polea ranurada1	Acero Inoxidable
27	1	Polea ranurada2	Acero Inoxidable
28	1	Protector de banda y poleas	Acero Inoxidable
29	1	Protector del motor eléctrico	Acero Inoxidable AISI 304

	Fecha	Nombre	Denominación	Escala
Dib.	12/8/2020	L. Tomalá - C. Vallejo	Despulpadora de frutas - 200 Kg/h	1:10
Rev.	31/8/2020	Q. Miguel, Ph.D.		
Aprob.	2/9/2020	Q. Miguel, Ph.D.		
Firma/Empresa			Número del plano	Marca de registro
			3/27	ESPOL
			Sustitución	



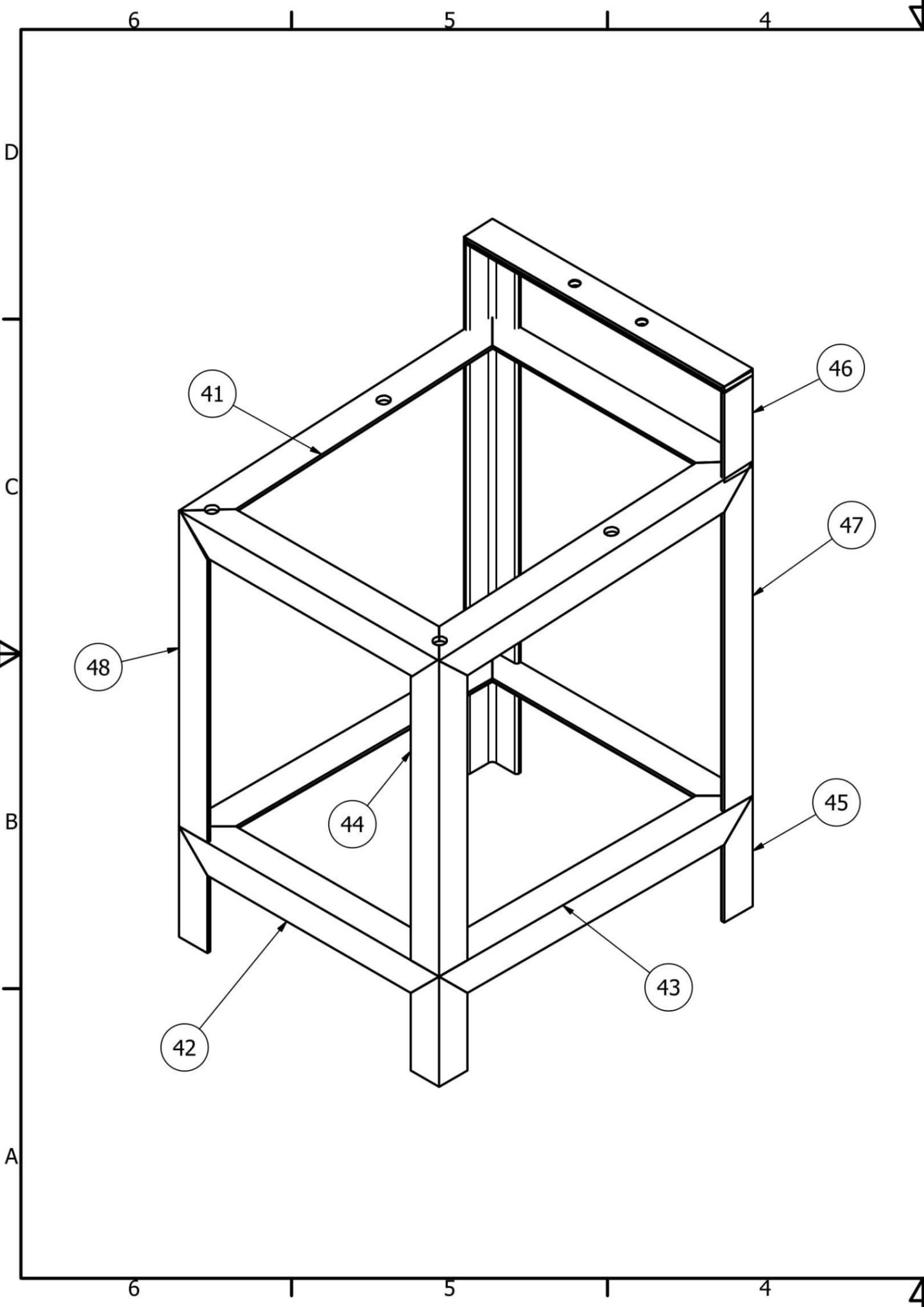
LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
30	1	Eje de transmisión	Acero Inoxidable AISI 304
31	1	Paleta de expulsión	Acero Inoxidable AISI 304
32	1	Cuchillas helices	Acero Inoxidable AISI 304
33	1	Chaveta	Normalizada

	Fecha	Nombre	Denominación Eje de transmisión y componentes	Escala
Dib.	12/8/2020	L. Tomalá - C. Vallejo		1:2,5
Rev.	31/8/2020	Q. Miguel, Ph.D.		
Aprob.	2/9/2020	Q. Miguel, Ph.D.		
Firma/Empresa			Número del plano 4/27	Marca de registro ESPOL
			Sustitución	



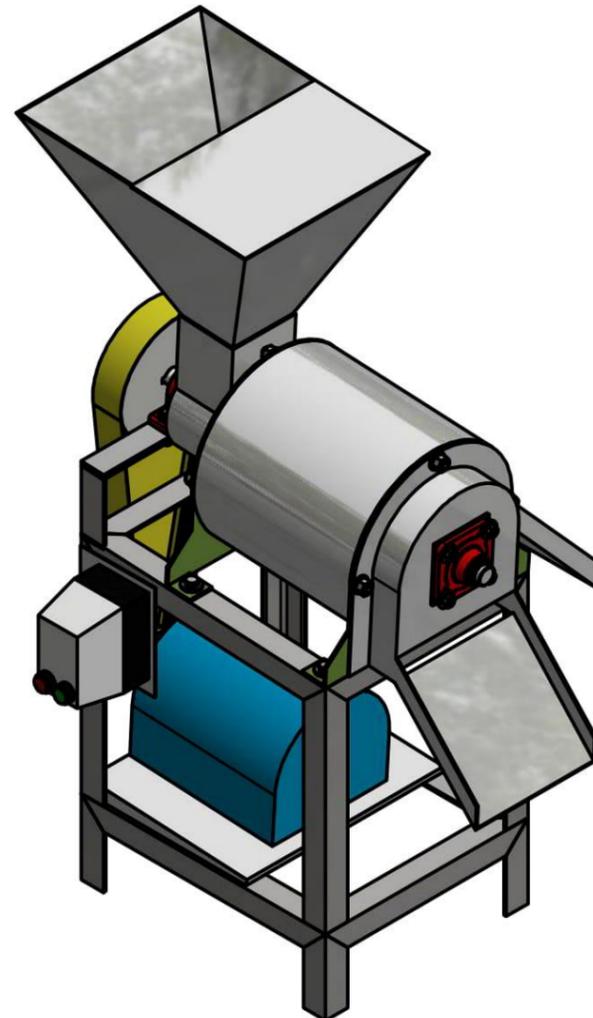
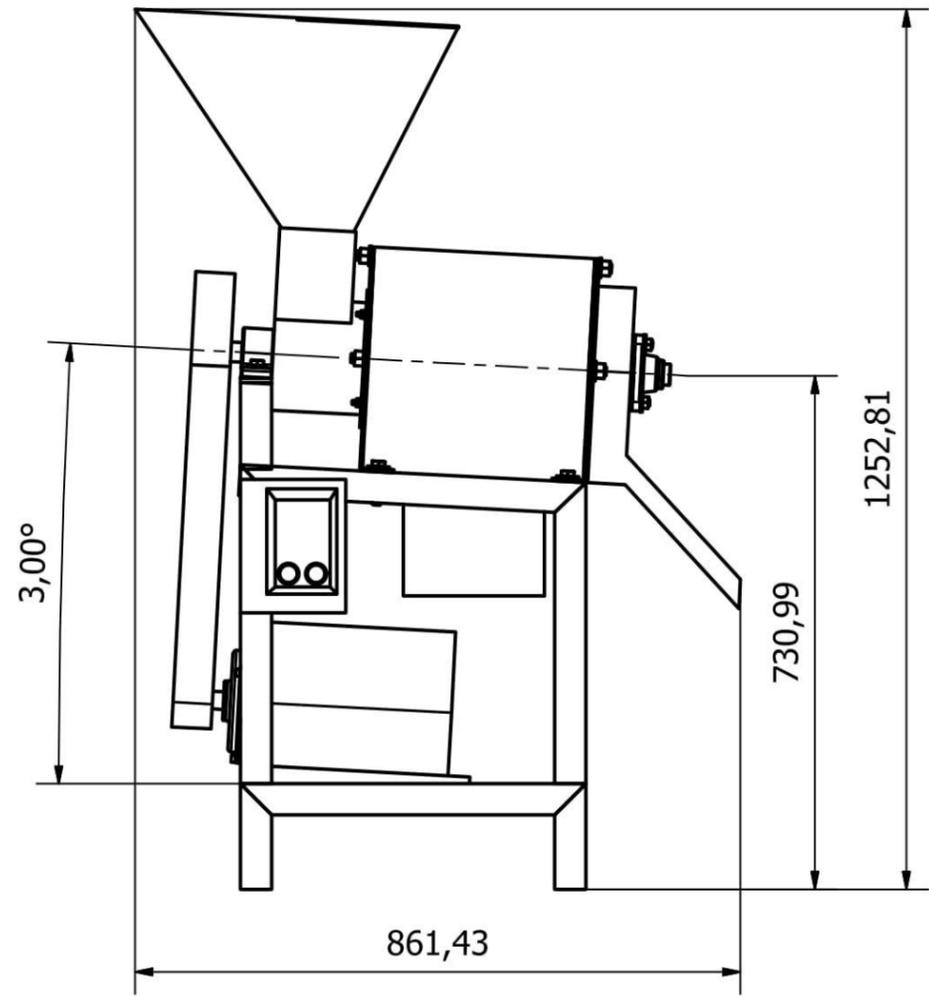
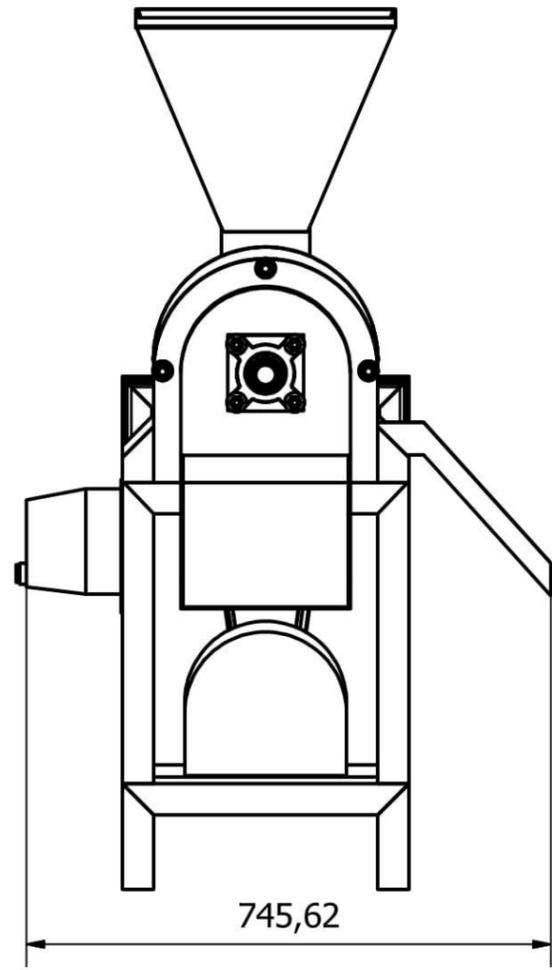
LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
34	1	Láminas de soporte	Acero Inoxidable AISI 304
35	3	Soporte de rascadores	Acero Inoxidable AISI 304
36	3	Rascadores	Nylon
37	3	Sujeta rascadores	Acero Inoxidable AISI 304
38	6	AS 1110 - M5 x 25	Pernos y tornillos métricos ISO de precisión de cabeza hexagonal
39	6	ANSI B18.22M - 5 R	Arandelas métricas planas
40	6	AS 1112 - M5 Tipo 8	Tuercas hexagonales ISO métricas

Fecha	Nombre	Denominación	Escala
Dib. 12/8/2020	L. Tomalá - C. Vallejo	Agitador y sus partes	1:2,5
Rev. 31/8/2020	Q. Miguel, Ph.D.		
Aprob. 2/9/2020	Q. Miguel, Ph.D.		
Firma/Empresa		Número del plano	Marca de registro
		5/27	ESPOL
		Sustitución	

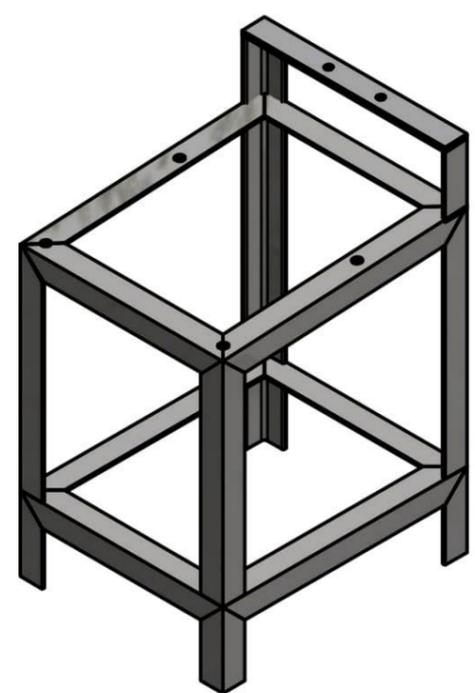
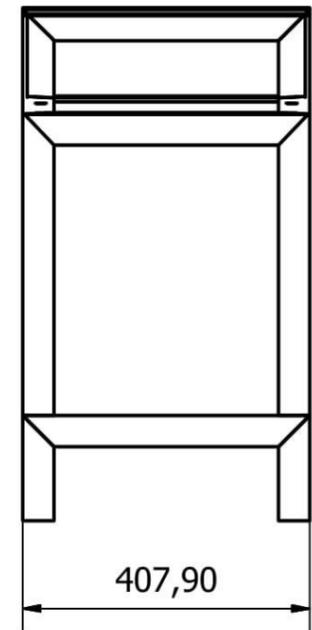
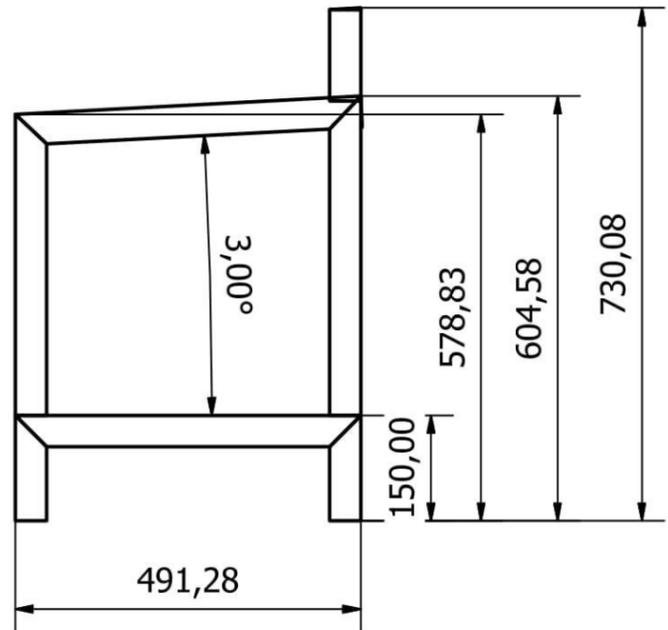


LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
41	983,908 mm	AISC - L 1,75 x 1,75 x 1/4 - 19,368	Acero Inoxidable
42	2035,283 mm	AISC - L 1,75 x 1,75 x 1/4 - 16,059	Acero Inoxidable
43	982,560 mm	AISC - L 1,75 x 1,75 x 1/4 - 19,342	Acero Inoxidable
44	428,832 mm	AISC - L 1,75 x 1,75 x 1/4 - 16,975	Acero Inoxidable
45	600,000 mm	AISC - L 1,75 x 1,75 x 1/4 - 5,906	Acero Inoxidable
46	260,000 mm	AISC - L 1,75 x 1,75 x 1/4 - 5,118	Acero Inoxidable
47	909,158 mm	AISC - L 1,75 x 1,75 x 1/4 - 17,897	Acero Inoxidable
48	428,832 mm	AISC - L 1,75 x 1,75 x 1/4 - 16,883	Acero Inoxidable

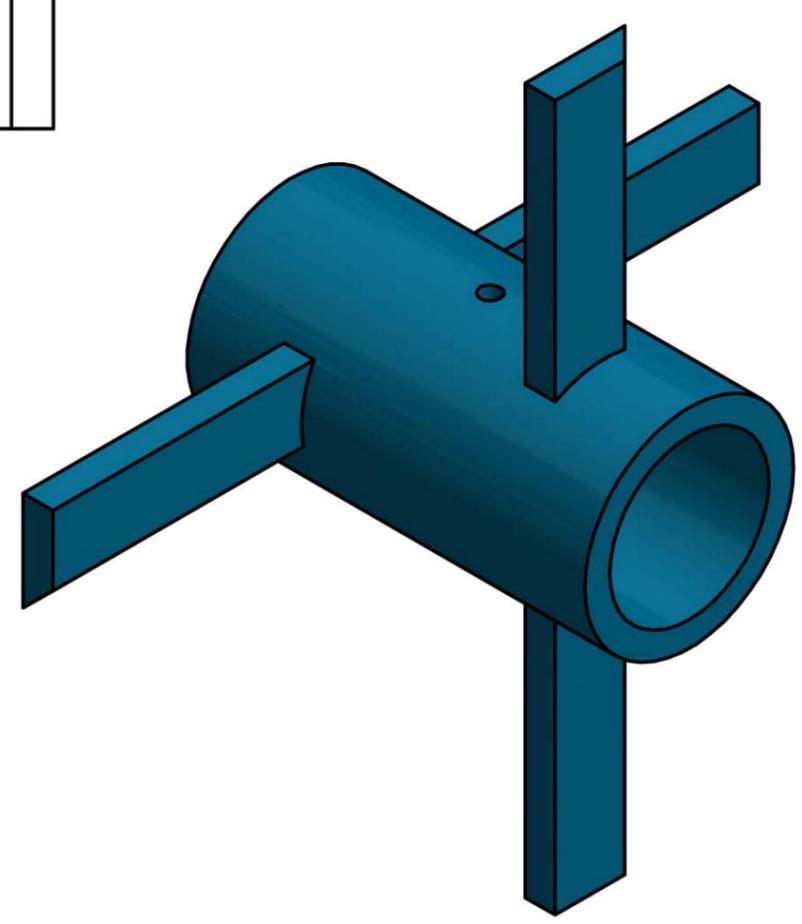
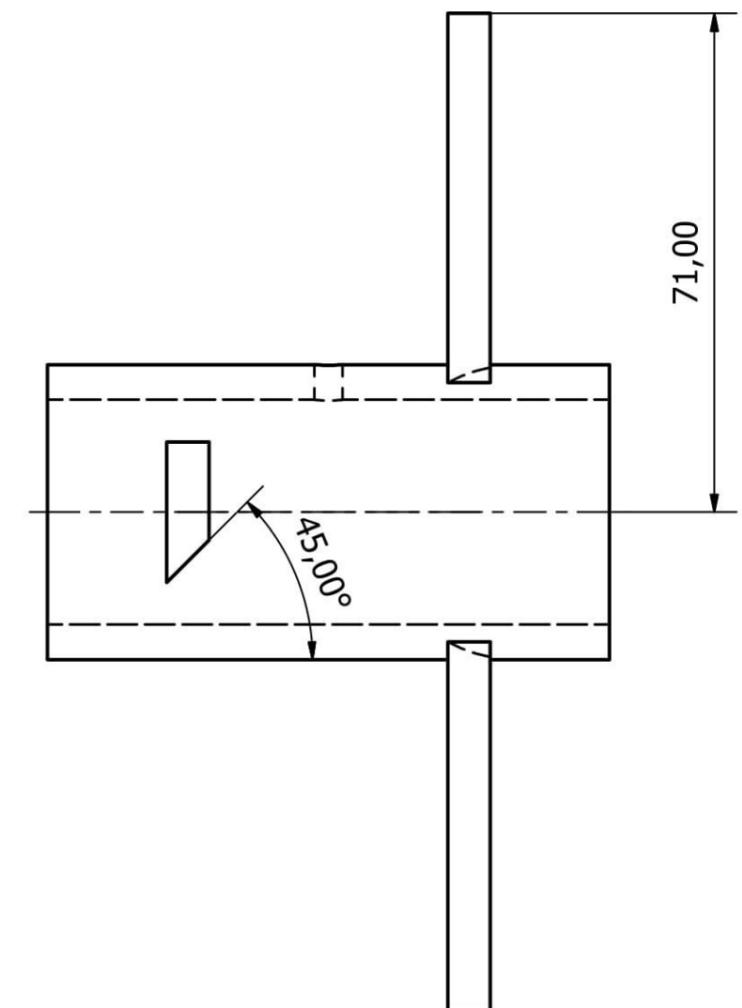
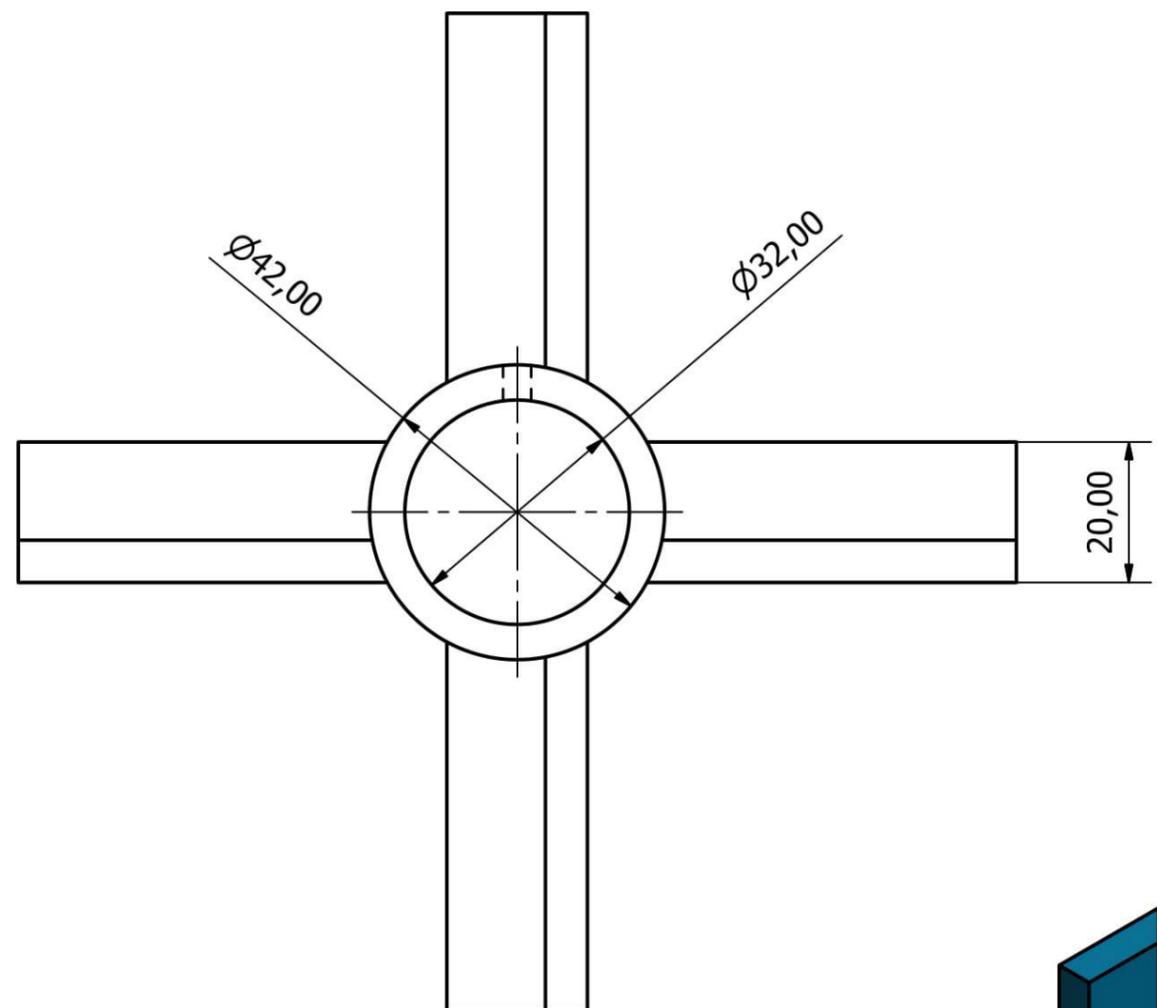
	Fecha	Nombre	Denominación Estructura base	Escala
Dib.	12/8/2020	L. Tomalá - C. Vallejo		1:5
Rev.	31/8/2020	Q. Miguel, Ph.D.		
Aprob.	2/9/2020	Q. Miguel, Ph.D.		
Firma/Empresa			Número del plano 6/27	Marca de registro ESPOL
			Sustitución	



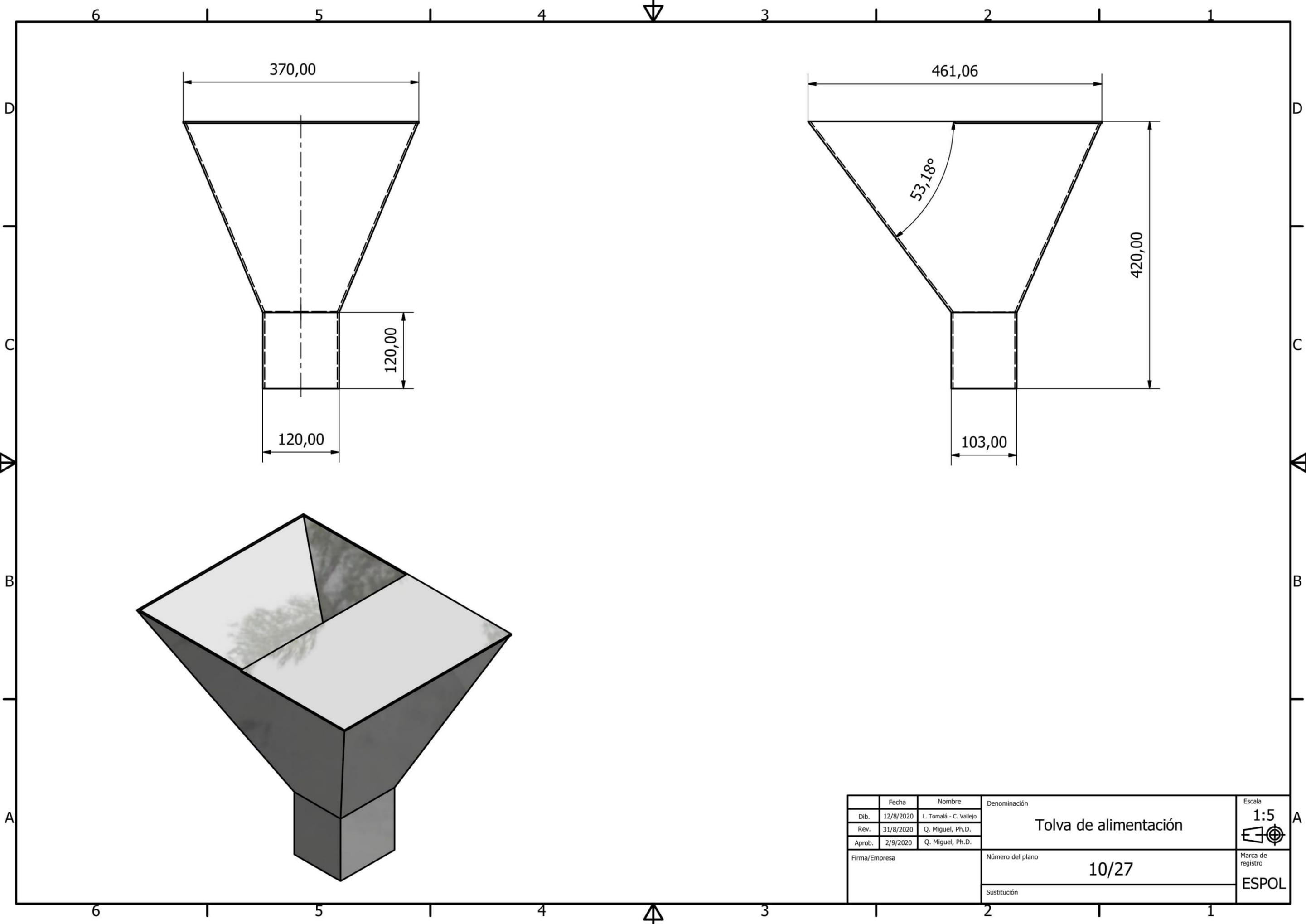
	Fecha	Nombre	Denominación	Escala
Dib.	12/8/2020	L. Tomalá - C. Vallejo	Despulpadora de frutas - 200 Kg/h	1:10
Rev.	31/8/2020	Q. Miguel, Ph.D.		
Aprob.	2/9/2020	Q. Miguel, Ph.D.		
Firma/Empresa			Número del plano	Marca de registro
			7/27	ESPOL
			Sustitución	



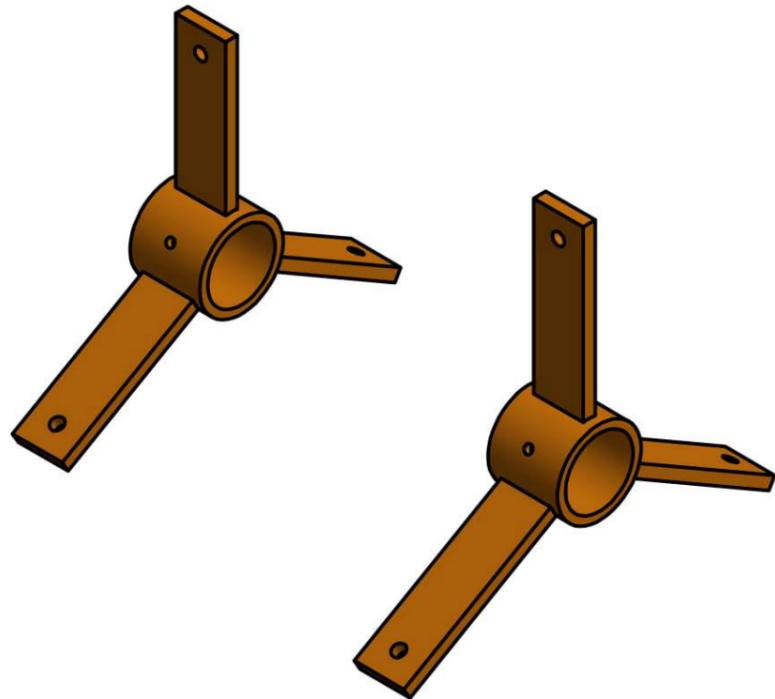
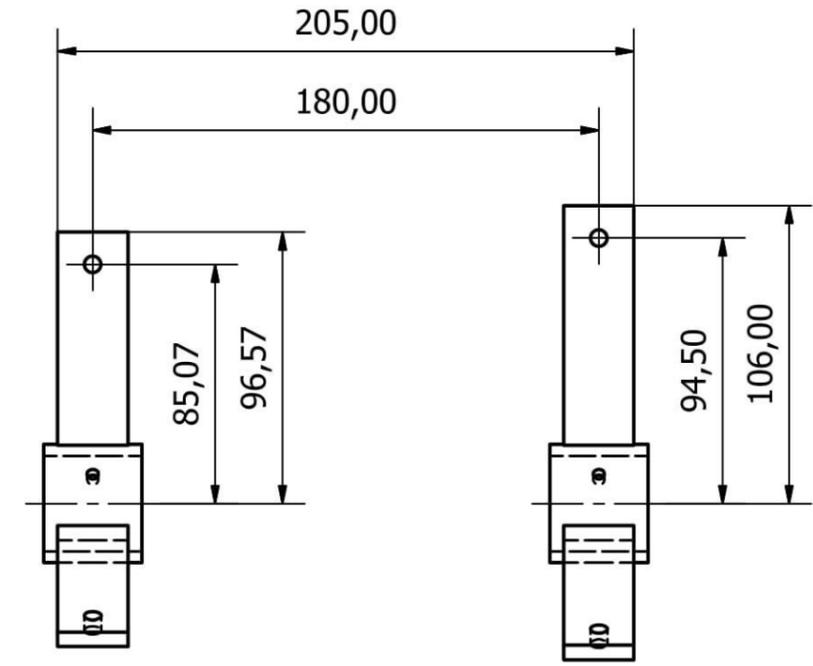
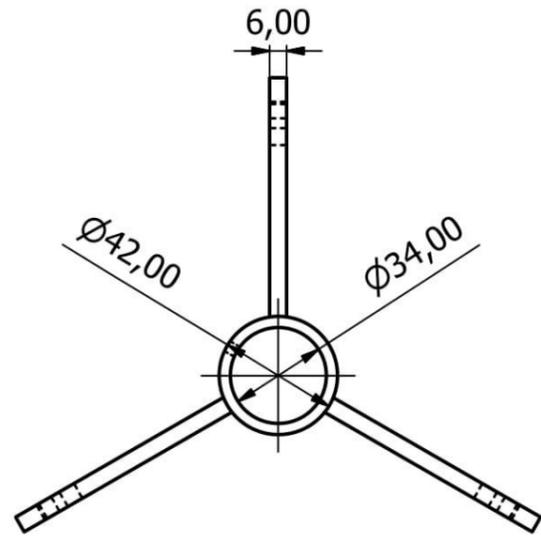
	Fecha	Nombre	Denominación	Escala
Dib.	12/8/2020	L. Tomalá - C. Vallejo	Estructura base	1:10
Rev.	31/8/2020	Q. Miguel, Ph.D.		
Aprob.	2/9/2020	Q. Miguel, Ph.D.		
Firma/Empresa			Número del plano	 Marca de registro ESPOL
			Sustitución	
			8/27	



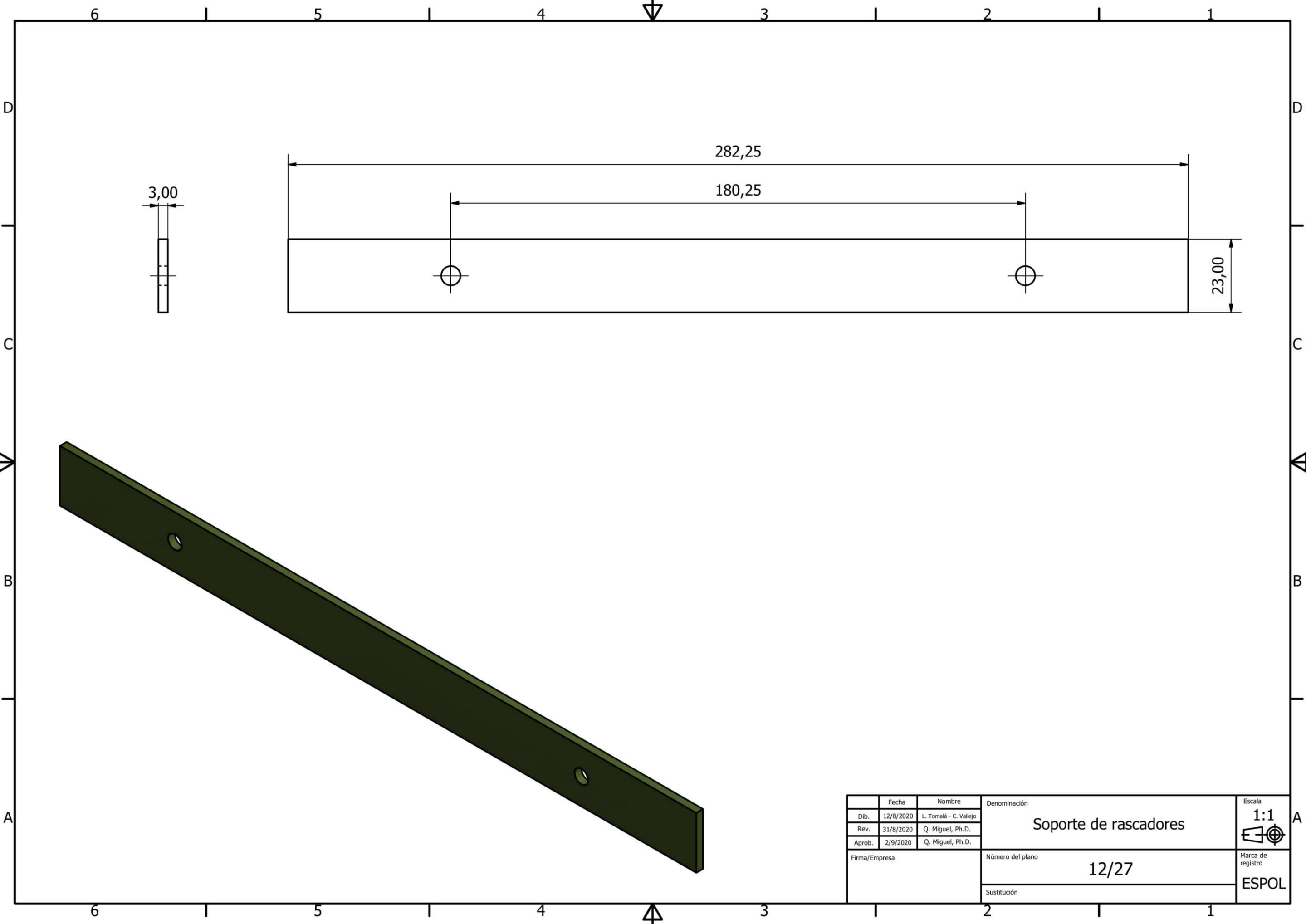
	Fecha	Nombre	Denominación	Escala
Dib.	12/8/2020	L. Tomalá - C. Vallejo	Cuchillas de corte	1:1
Rev.	31/8/2020	Q. Miguel, Ph.D.		
Aprob.	2/9/2020	Q. Miguel, Ph.D.		
Firma/Empresa			Número del plano	Marca de registro
			9/27	ESPOL
			Sustitución	



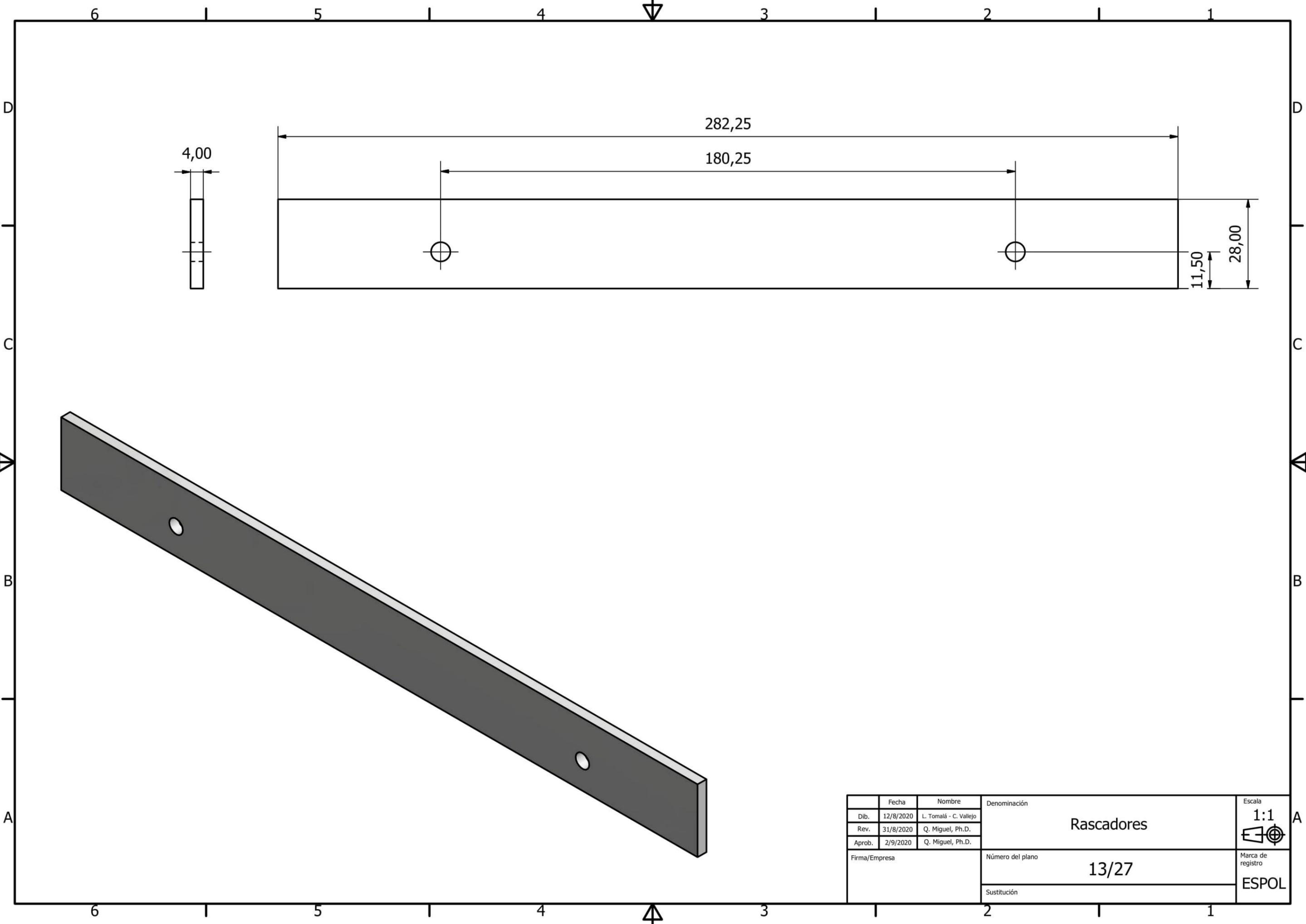
	Fecha	Nombre	Denominación	Escala
Dib.	12/8/2020	L. Tomalá - C. Vallejo	Tolva de alimentación	1:5
Rev.	31/8/2020	Q. Miguel, Ph.D.		
Aprob.	2/9/2020	Q. Miguel, Ph.D.		
Firma/Empresa			Número del plano	Marca de registro
			10/27	ESPOL
			Sustitución	



	Fecha	Nombre	Denominación	Escala
Dib.	12/8/2020	L. Tomalá - C. Vallejo	Láminas de soporte	1:2,5
Rev.	31/8/2020	Q. Miguel, Ph.D.		
Aprob.	2/9/2020	Q. Miguel, Ph.D.		
Firma/Empresa			Número del plano	Marca de registro
			11/27	ESPOL
			Sustitución	



	Fecha	Nombre	Denominación	Escala
Dib.	12/8/2020	L. Tomalá - C. Vallejo	Soporte de rascadores	1:1
Rev.	31/8/2020	Q. Miguel, Ph.D.		
Aprob.	2/9/2020	Q. Miguel, Ph.D.		
Firma/Empresa			Número del plano	Marca de registro
			12/27	ESPOL
			Sustitución	



6 1 5 1 4 3 1 2 1 1

D D

4,00

282,25

180,25

11,50

28,00

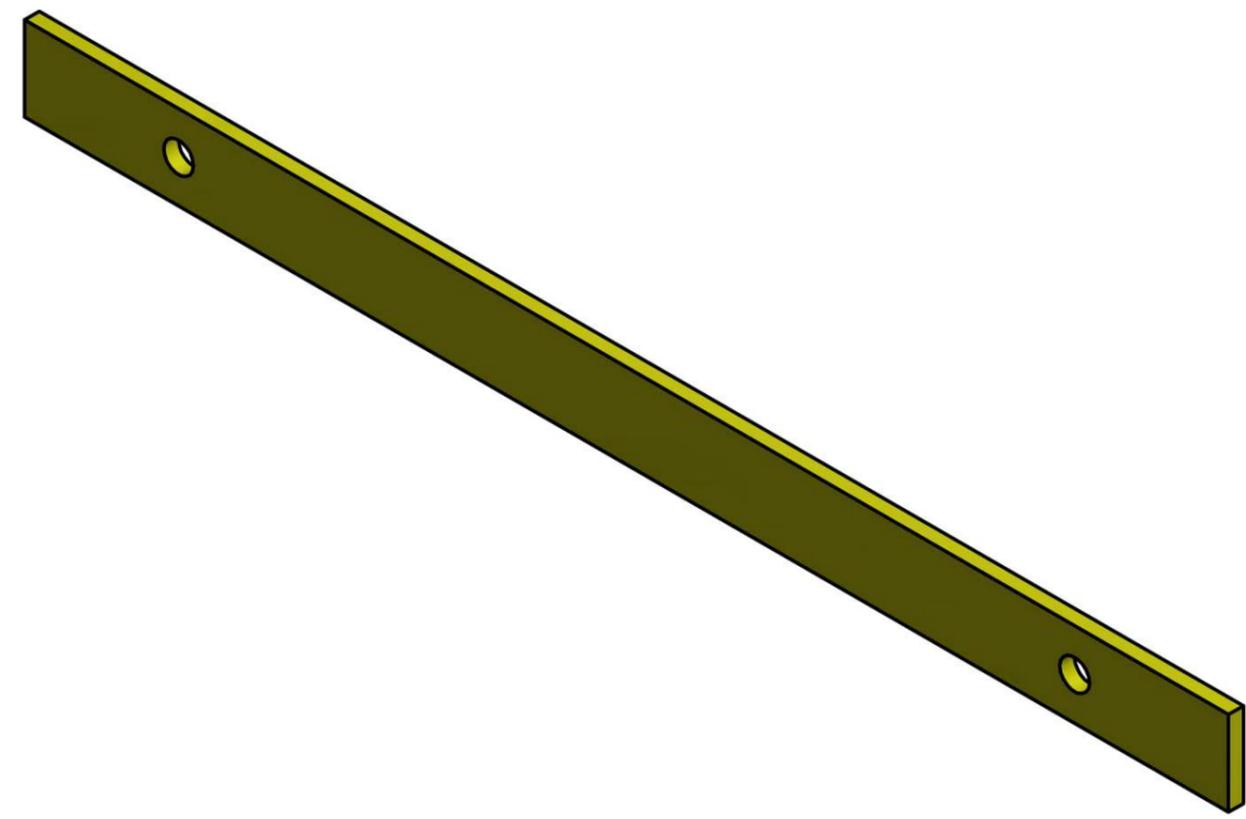
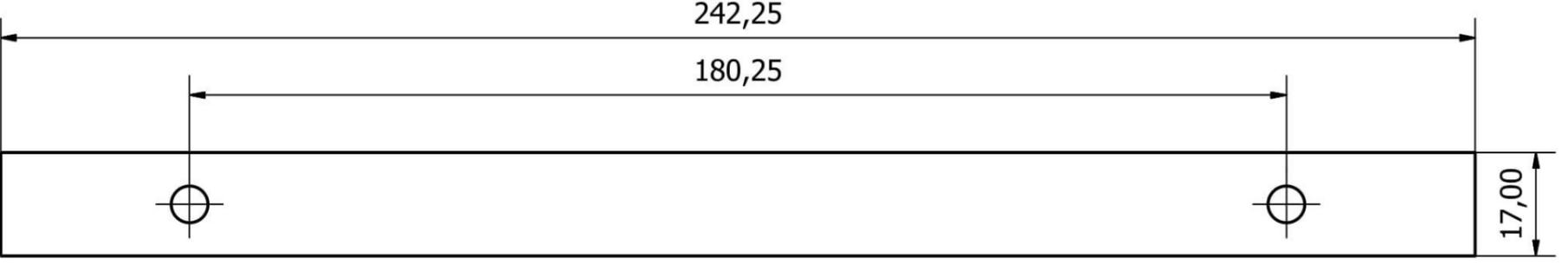
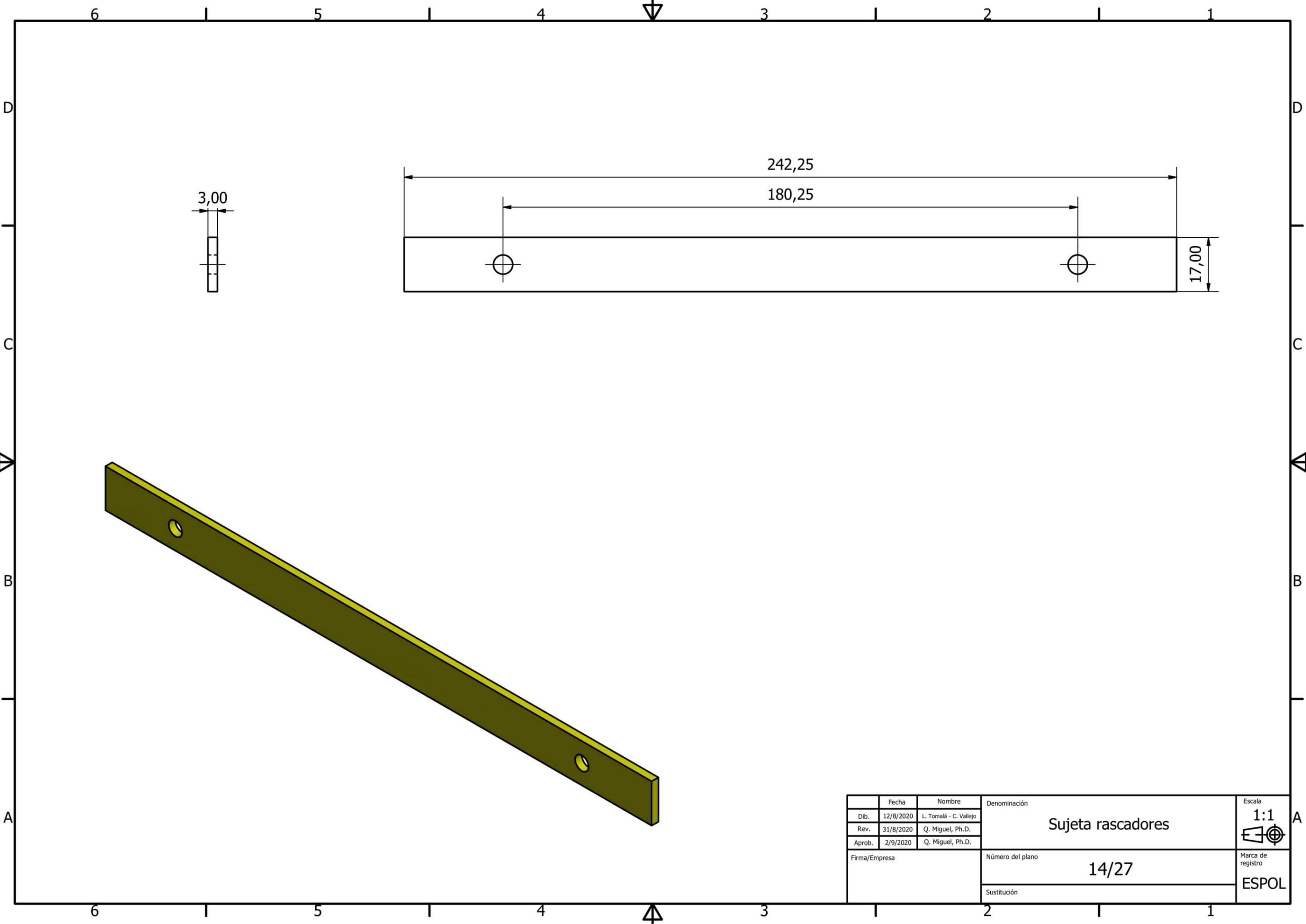
C C

B B

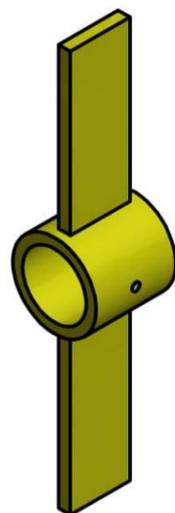
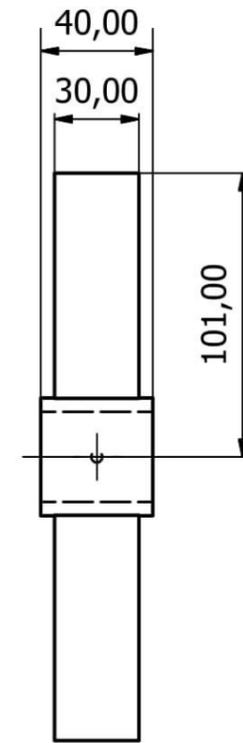
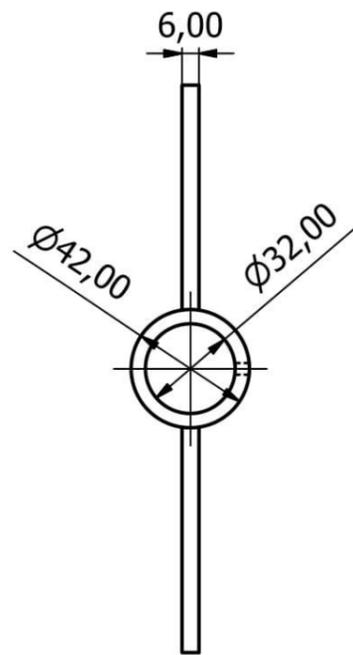
A A

6 1 5 1 4 3 1 2 1 1

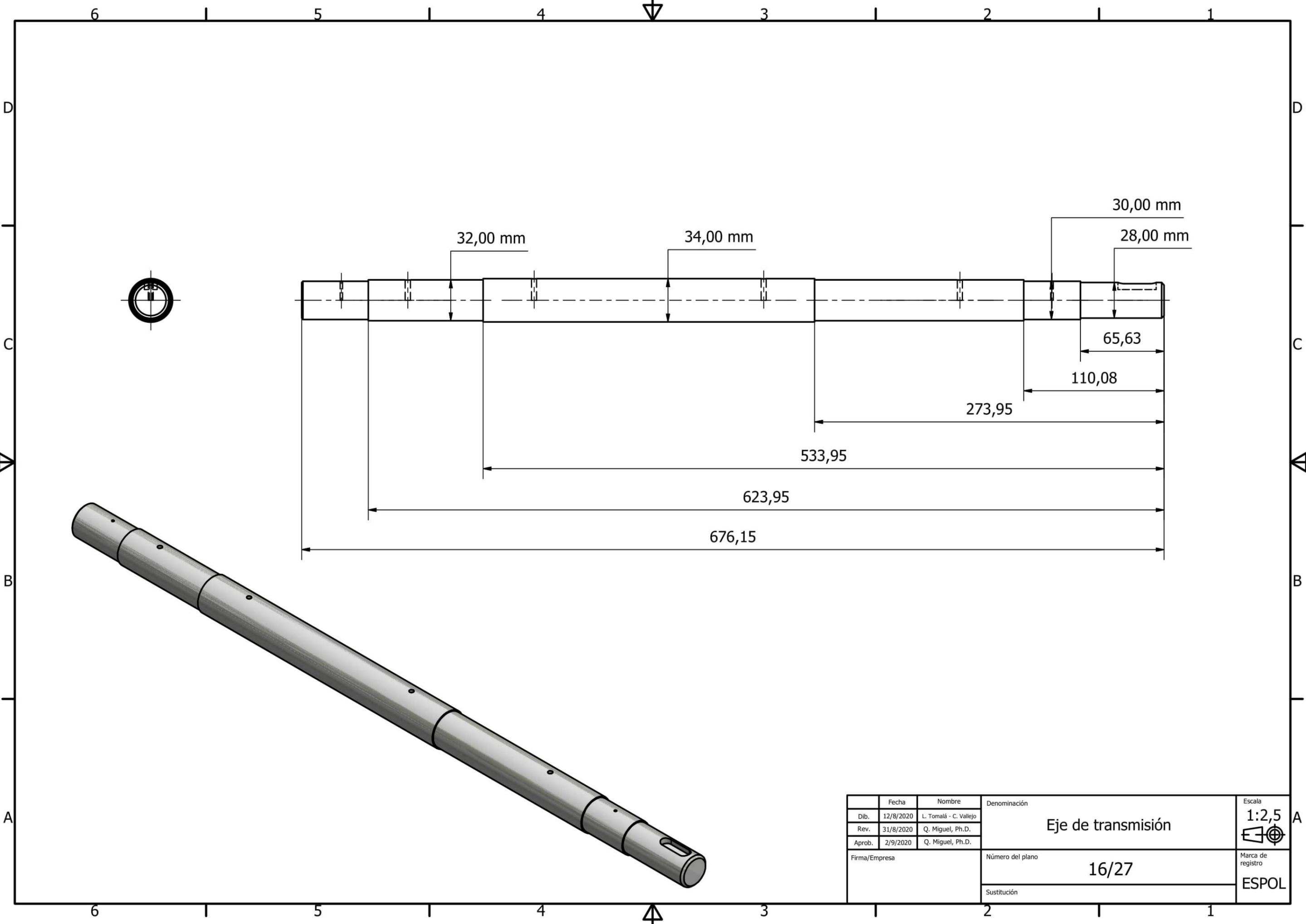
	Fecha	Nombre	Denominación	Escala
Dib.	12/8/2020	L. Tomalá - C. Vallejo	Rascadores	1:1
Rev.	31/8/2020	Q. Miguel, Ph.D.		
Aprob.	2/9/2020	Q. Miguel, Ph.D.		
Firma/Empresa			Número del plano	Marca de registro
			13/27	ESPOL
			Sustitución	



	Fecha	Nombre	Denominación	Escala
Dib.	12/8/2020	L. Tomalá - C. Vallejo	Sujeta rascadores	1:1
Rev.	31/8/2020	Q. Miguel, Ph.D.		
Aprob.	2/9/2020	Q. Miguel, Ph.D.		
Firma/Empresa			Número del plano	Marca de registro
			14/27	ESPOL
			Sustitución	



	Fecha	Nombre	Denominación	Escala
Dib.	12/8/2020	L. Tomalá - C. Vallejo	Paleta de expulsión	1:2,5
Rev.	31/8/2020	Q. Miguel, Ph.D.		
Aprob.	2/9/2020	Q. Miguel, Ph.D.		Marca de registro
Firma/Empresa			Número del plano	ESPOL
			15/27	
			Sustitución	



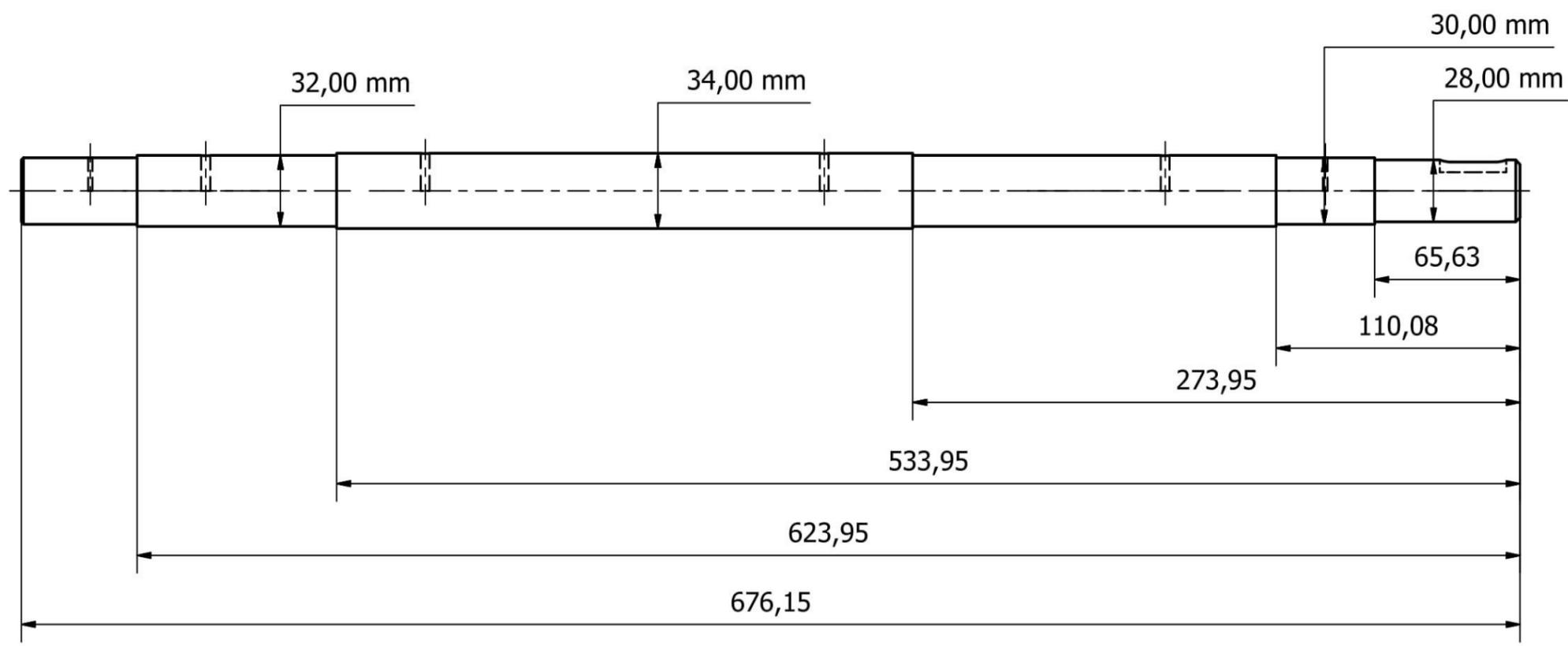
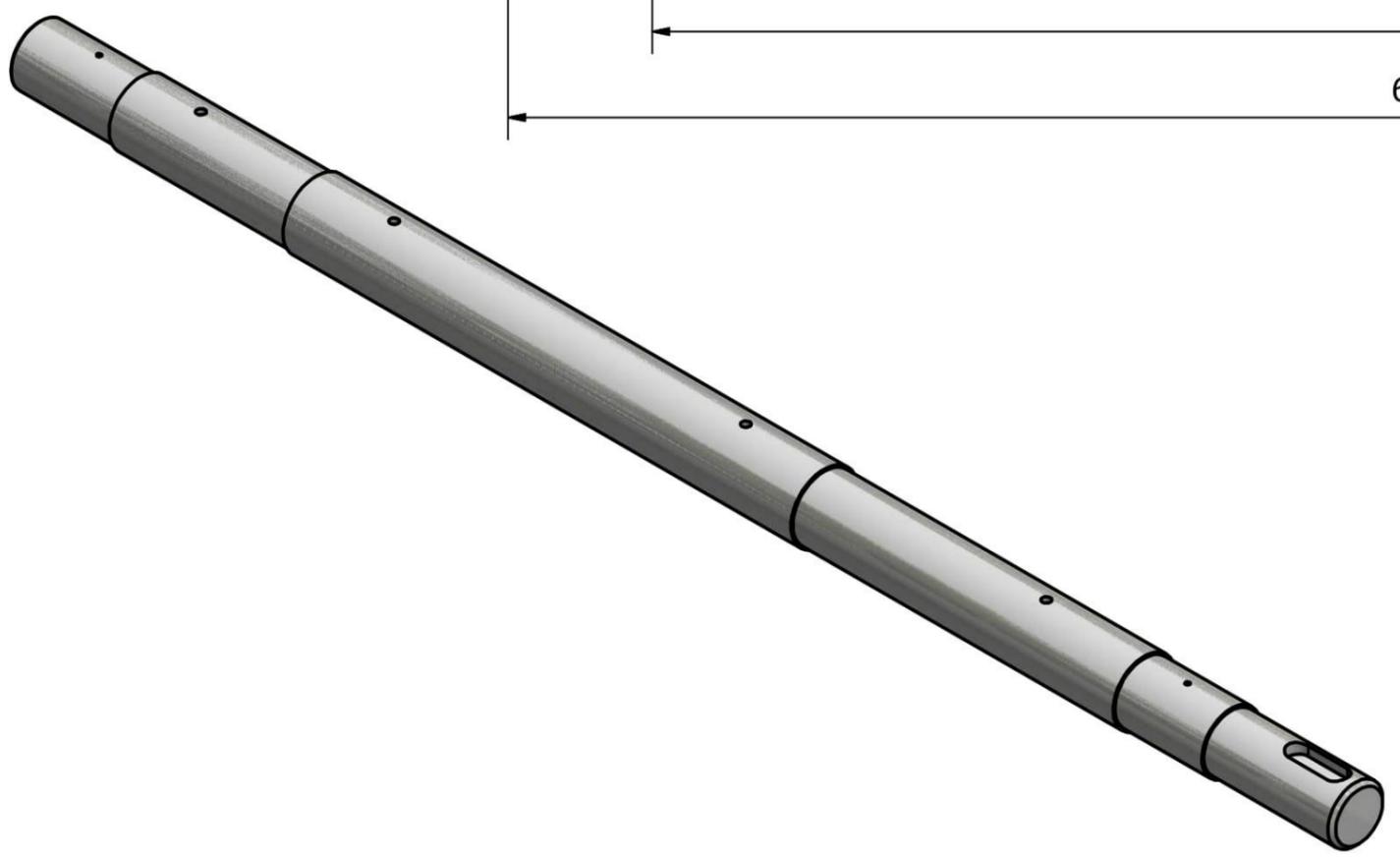
6 1 5 1 4 3 1 2 1 1

D D

C C

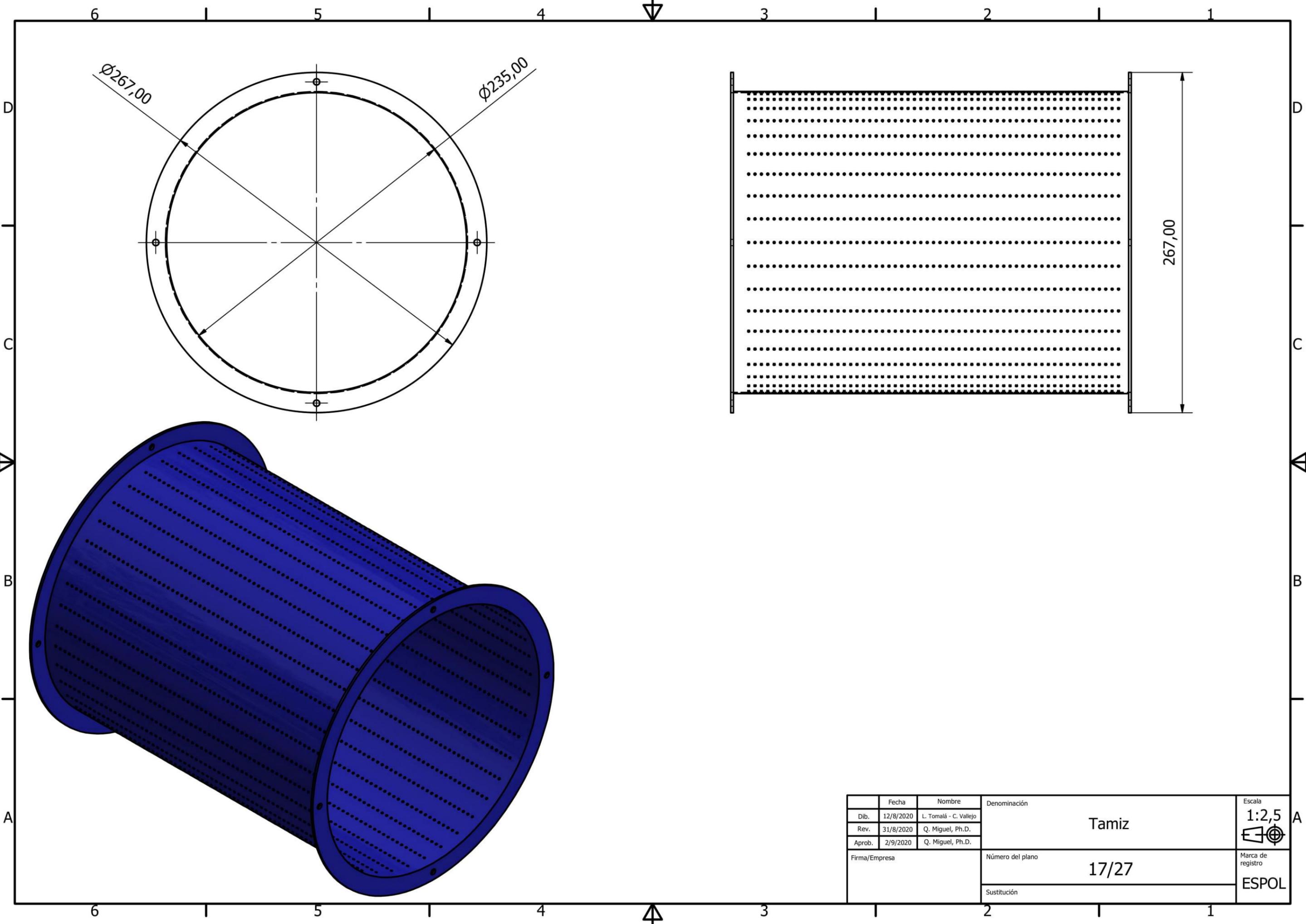
B B

A A

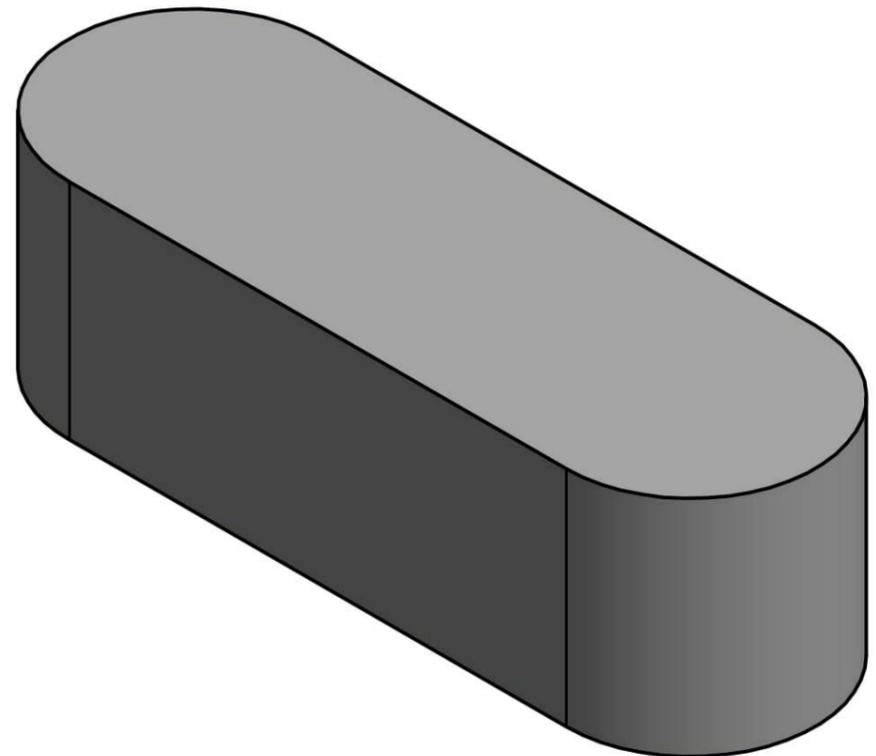
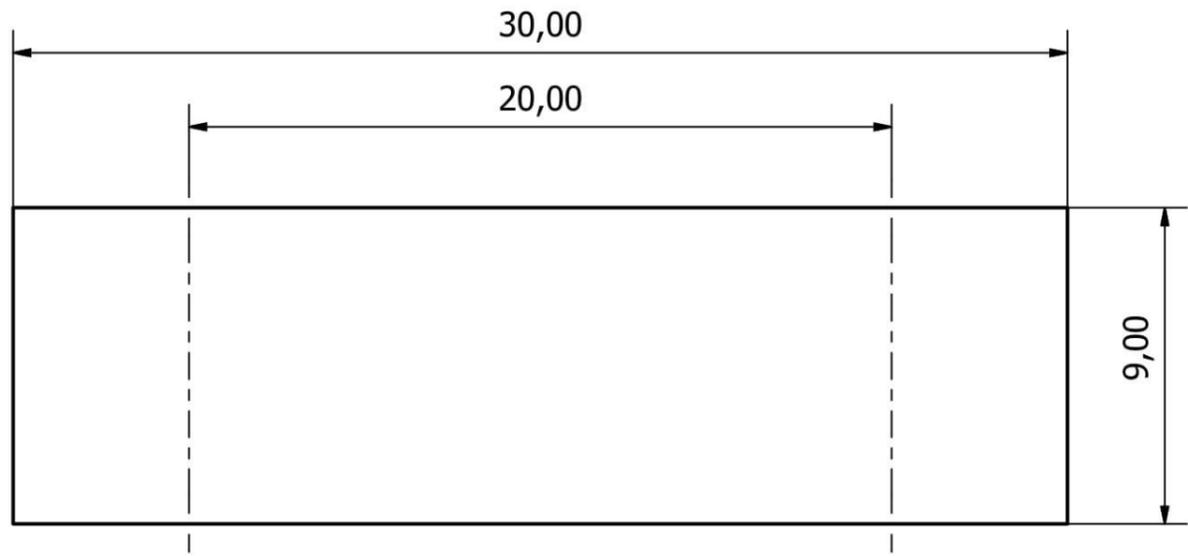
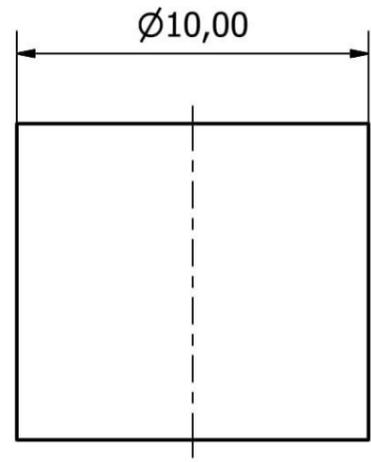
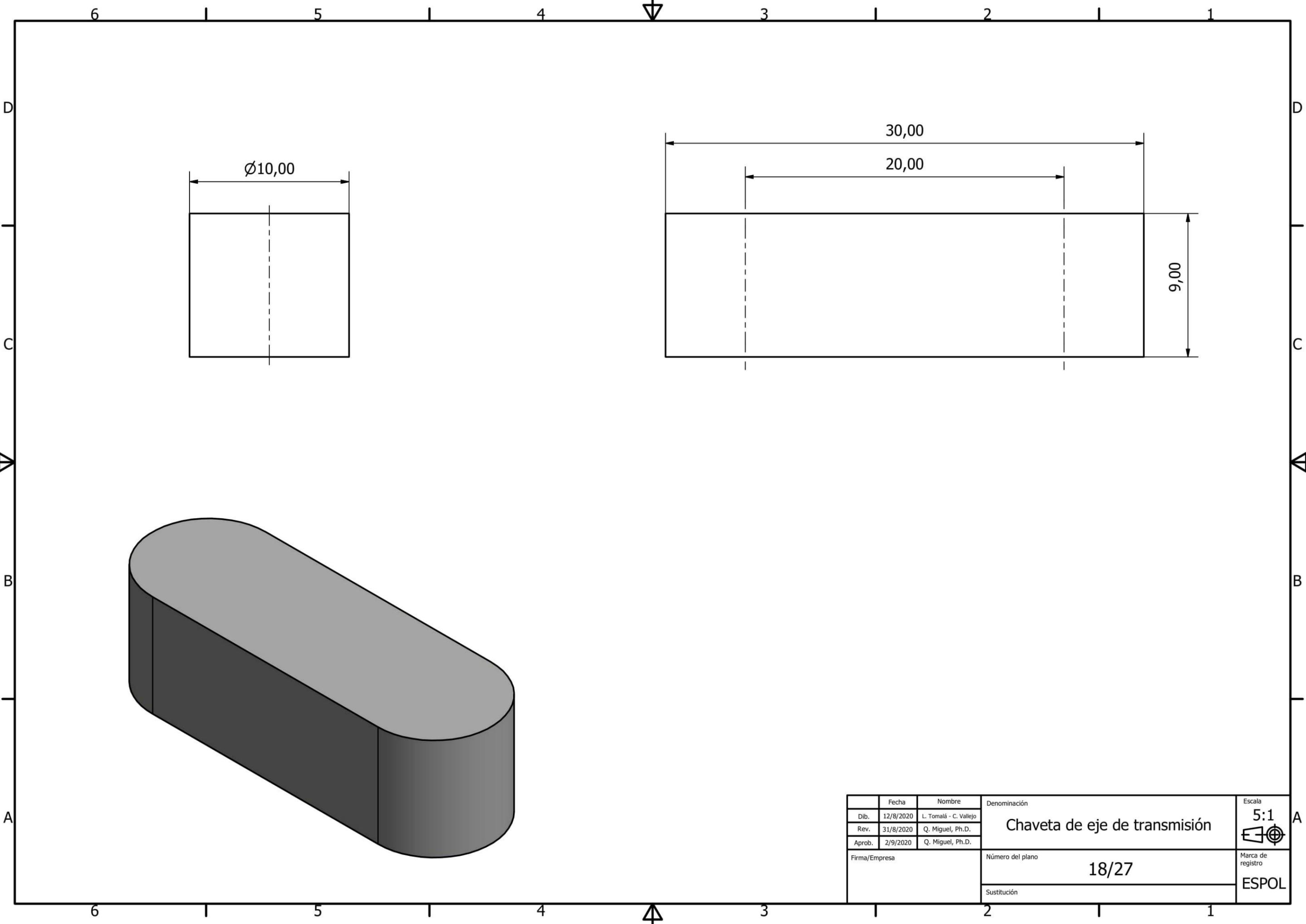


	Fecha	Nombre	Denominación	Escala
Dib.	12/8/2020	L. Tomalá - C. Vallejo	Eje de transmisión	1:2,5
Rev.	31/8/2020	Q. Miguel, Ph.D.		
Aprob.	2/9/2020	Q. Miguel, Ph.D.		
Firma/Empresa			Número del plano	Marca de registro
			16/27	ESPOL
			Sustitución	

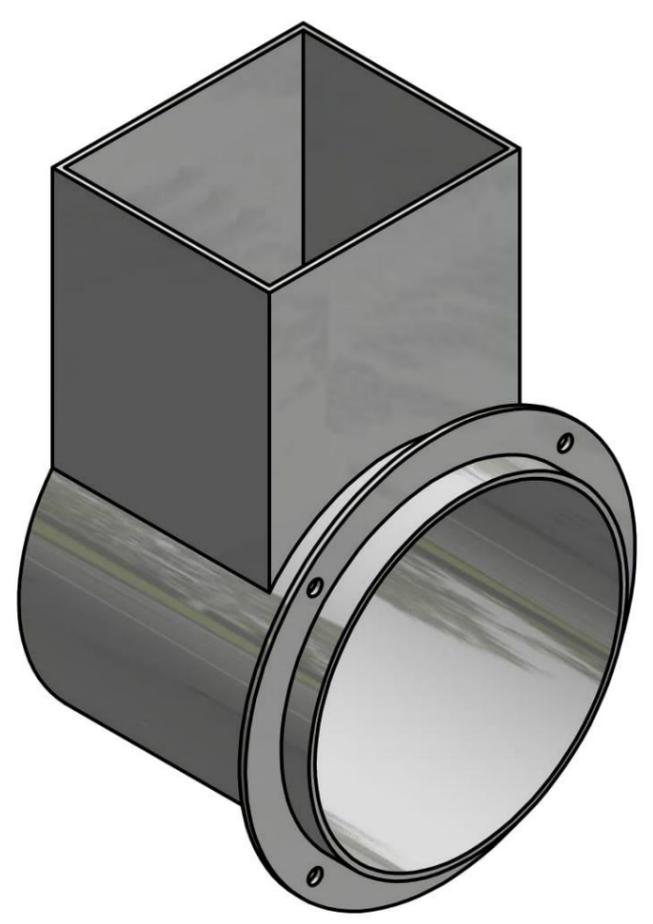
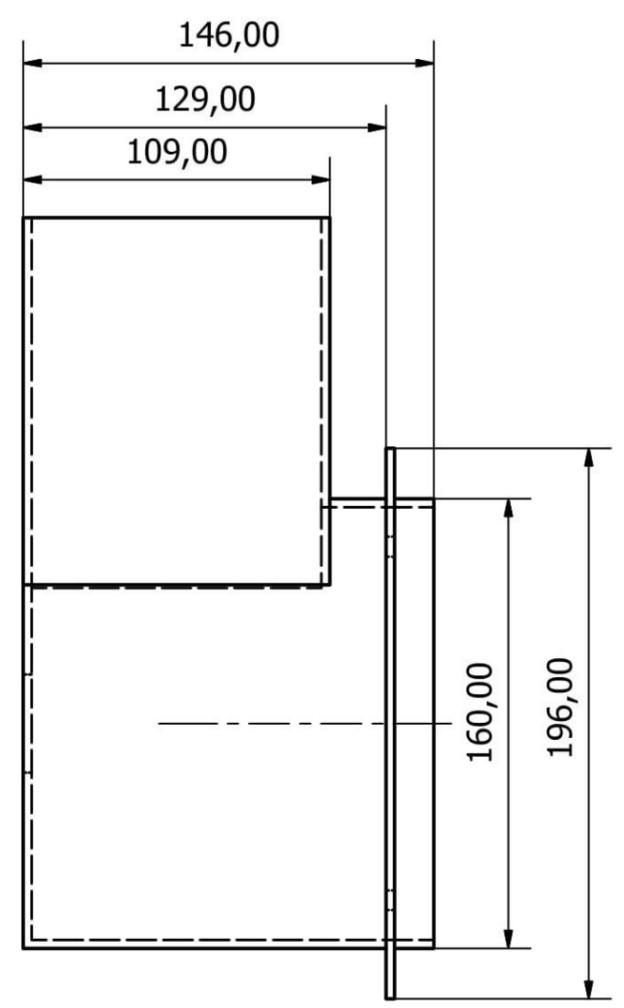
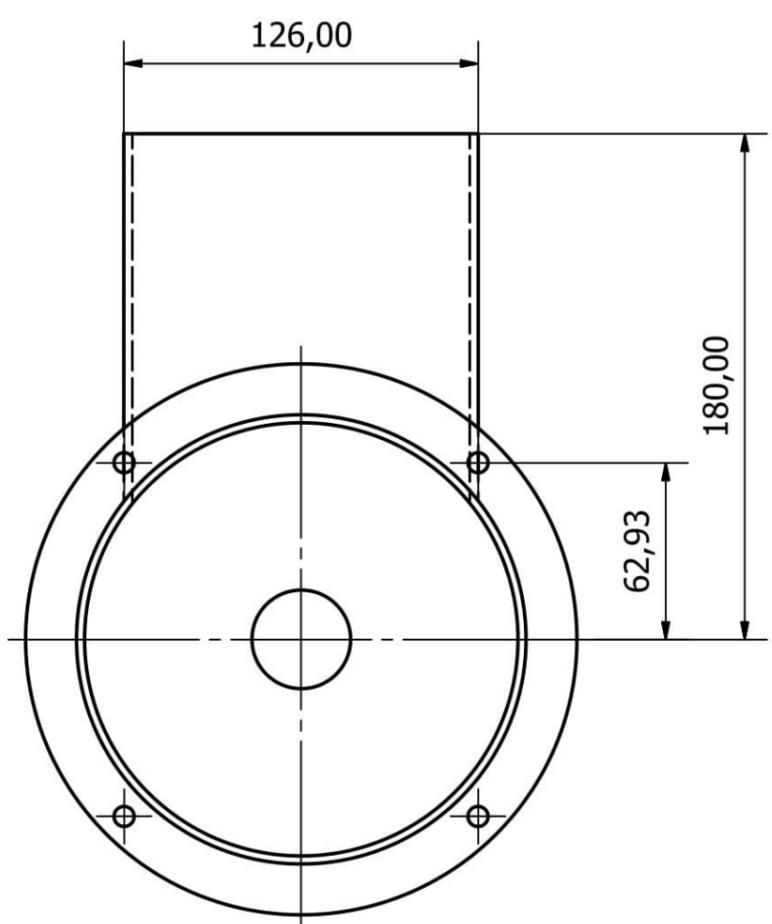
6 1 5 1 4 3 1 2 1 1



	Fecha	Nombre	Denominación	Escala
Dib.	12/8/2020	L. Tomalá - C. Vallejo	Tamiz	1:2,5
Rev.	31/8/2020	Q. Miguel, Ph.D.		
Aprob.	2/9/2020	Q. Miguel, Ph.D.		
Firma/Empresa			Número del plano	Marca de registro
			17/27	ESPOL
			Sustitución	



	Fecha	Nombre	Denominación	Escala
Dib.	12/8/2020	L. Tomalá - C. Vallejo	Chaveta de eje de transmisión	5:1
Rev.	31/8/2020	Q. Miguel, Ph.D.		
Aprob.	2/9/2020	Q. Miguel, Ph.D.		
Firma/Empresa			Número del plano	Marca de registro
			18/27	ESPOL
			Sustitución	



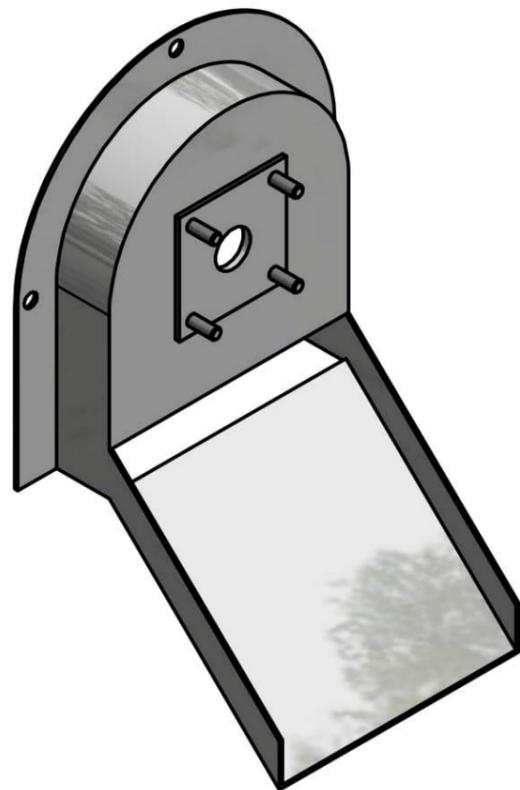
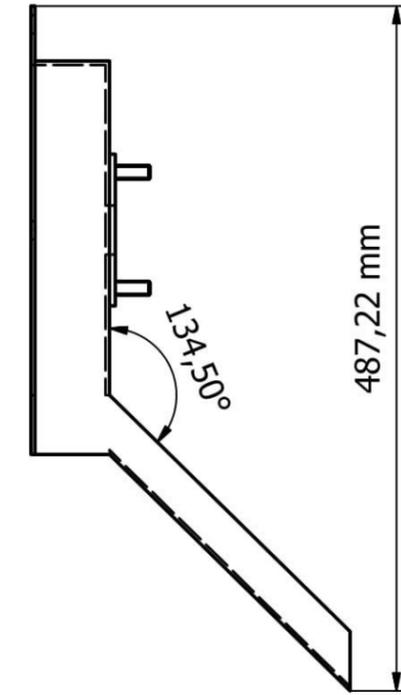
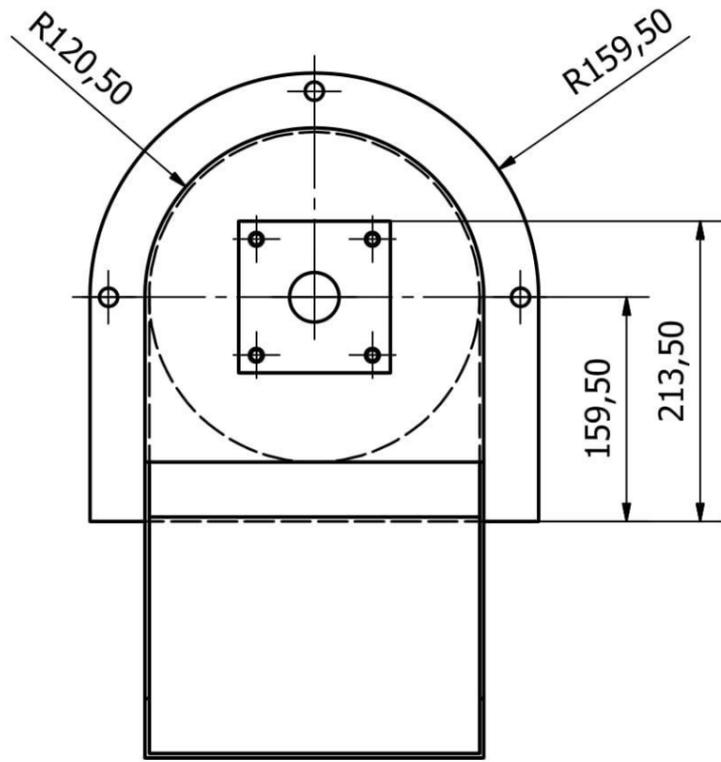
	Fecha	Nombre	Denominación	Escala
Dib.	12/8/2020	L. Tomalá - C. Vallejo	Estructura base de tolva	1:2,5
Rev.	31/8/2020	Q. Miguel, Ph.D.		
Aprob.	2/9/2020	Q. Miguel, Ph.D.		
Firma/Empresa			Número del plano	Marca de registro
			19/27	ESPOL
			Sustitución	

6 1 5 1 4 3 1 2 1

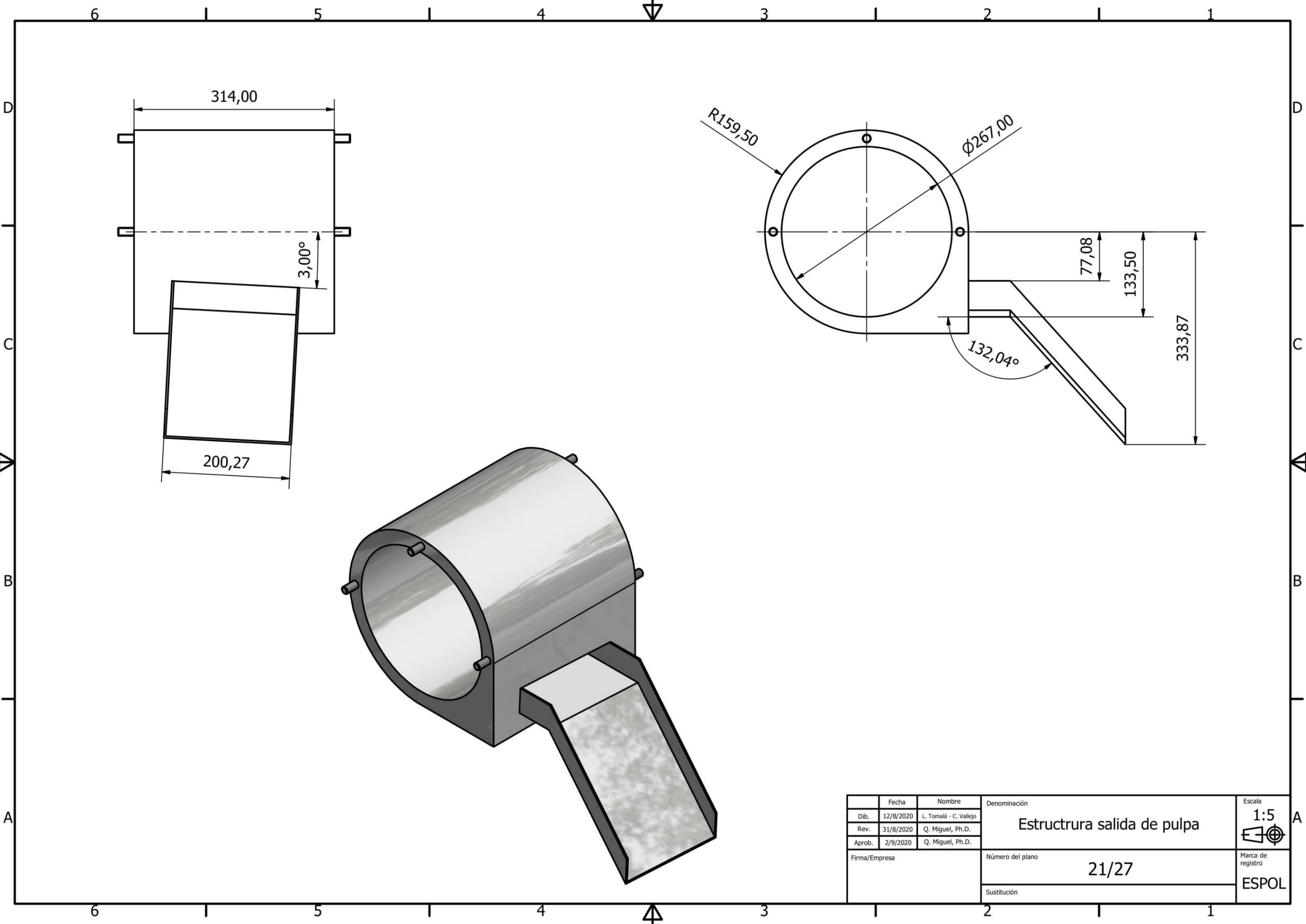
D C B A

6 1 5 1 4 3 1 2 1

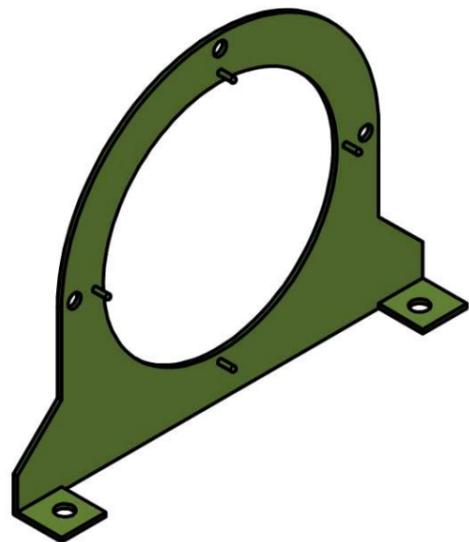
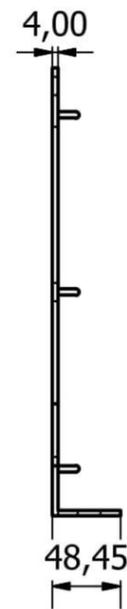
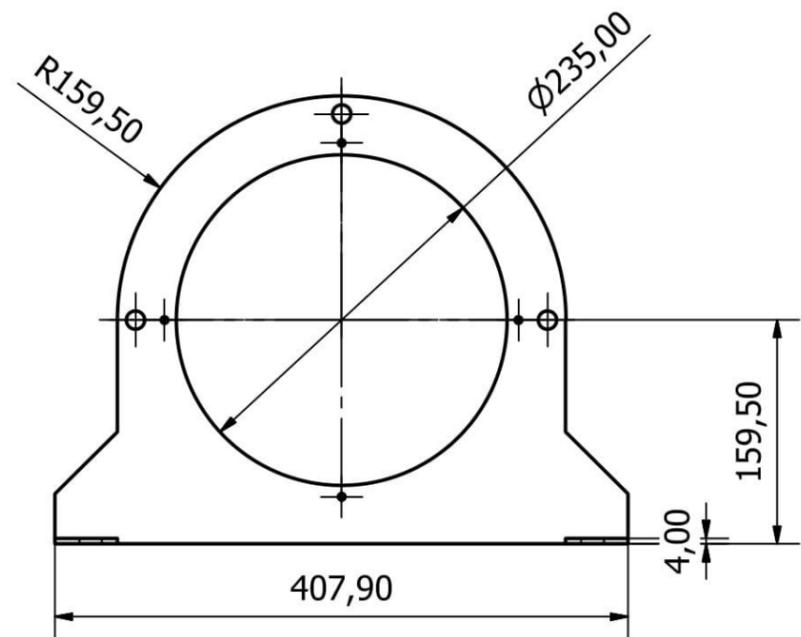
A B C D



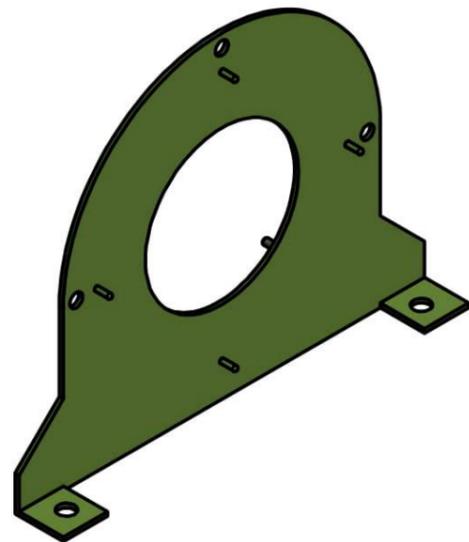
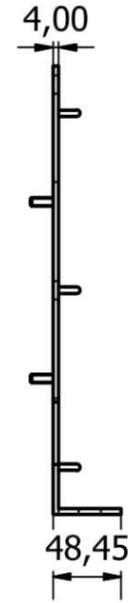
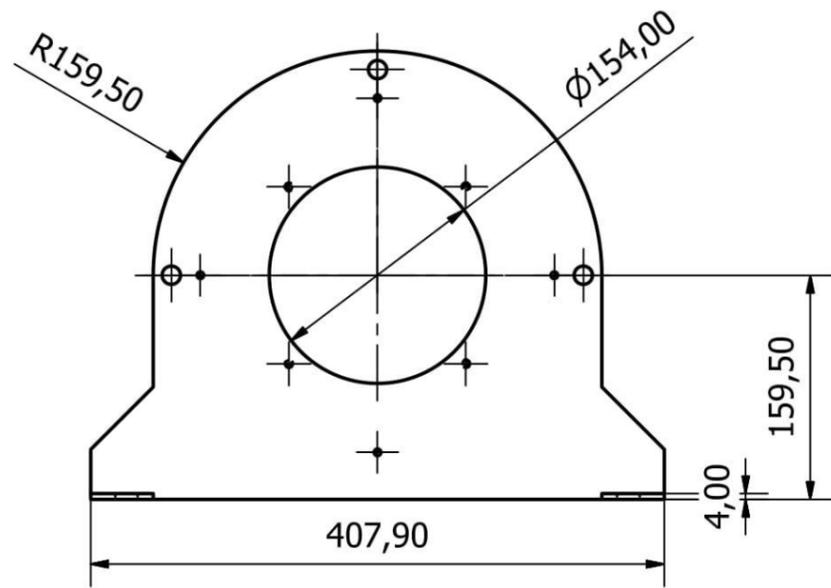
	Fecha	Nombre	Denominación	Escala
Dib.	12/8/2020	L. Tomalá - C. Vallejo	Estructura de salida de desechos	1:5
Rev.	31/8/2020	Q. Miguel, Ph.D.		
Aprob.	2/9/2020	Q. Miguel, Ph.D.		
Firma/Empresa			Número del plano	Marca de registro
			20/27	ESPOL
			Sustitución	



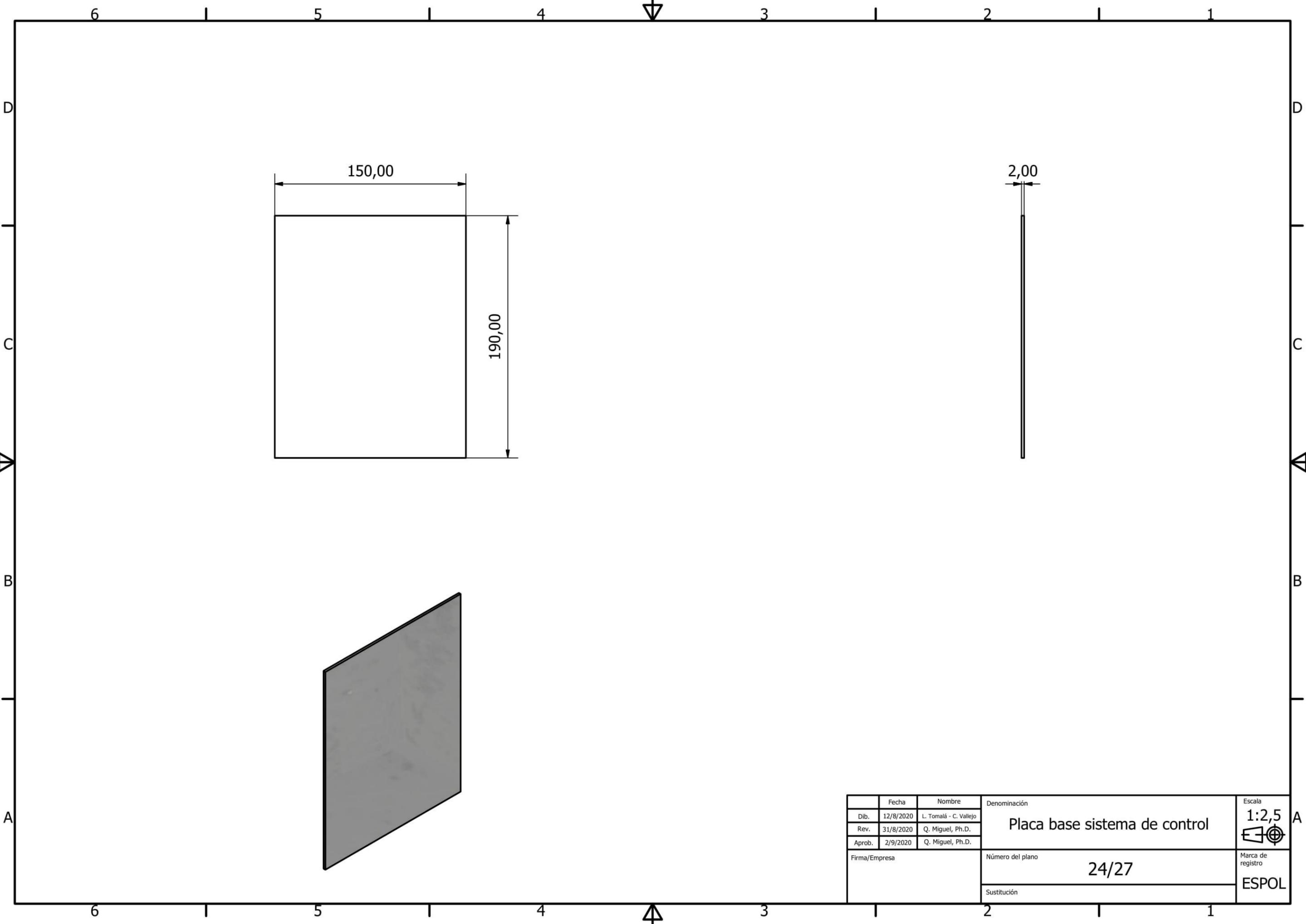
	Fecha	Nombre	Denominación	Escala
Dib.	12/8/2020	L. Tomalá - C. Vallejo	Estructura salida de pulpa	1:5
Rev.	31/8/2020	Q. Miguel, Ph.D.		
Aprob.	2/9/2020	Q. Miguel, Ph.D.		
Firma/Empresa			Número del plano	Marca de registro
			21/27	ESPOL
			Sustitución	



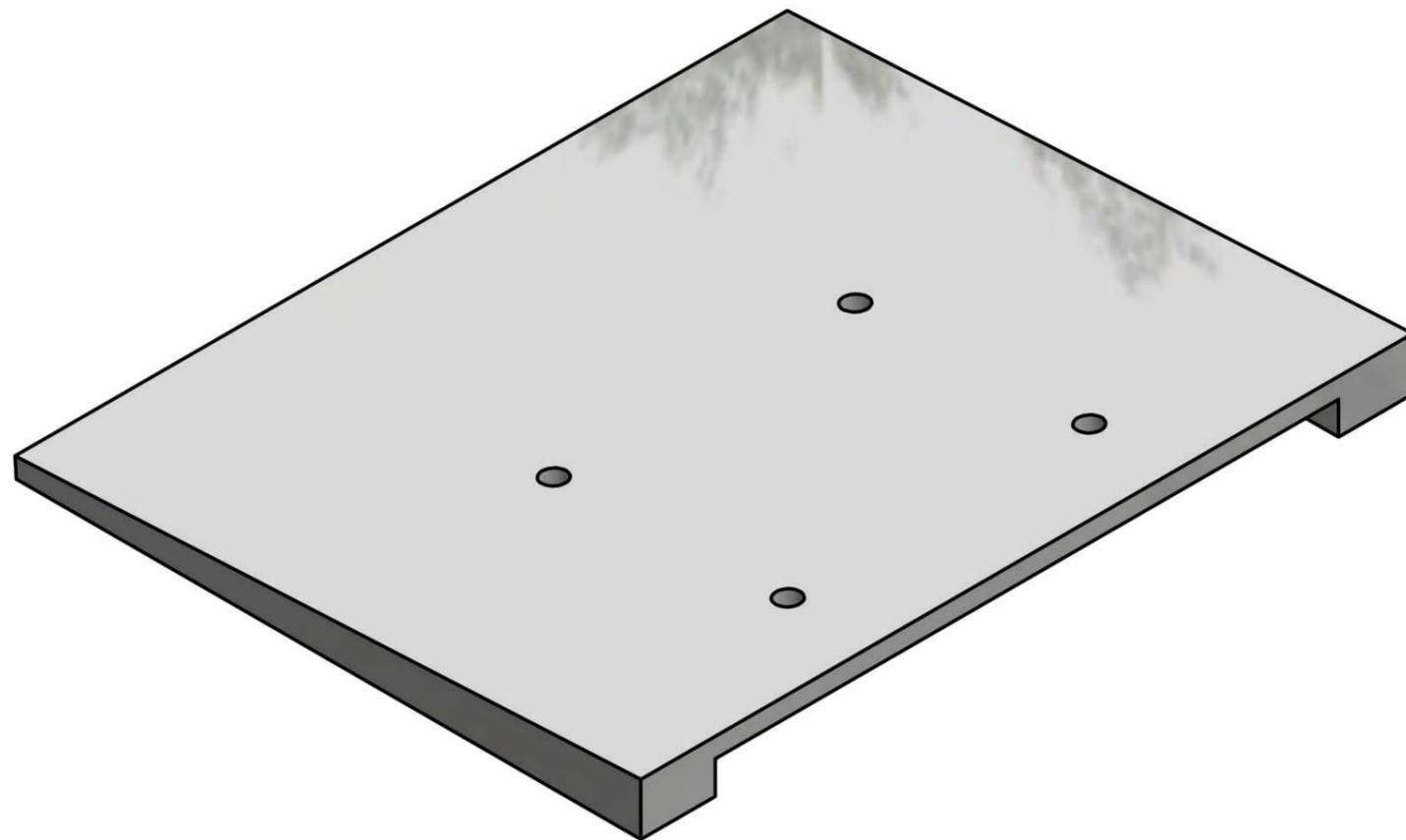
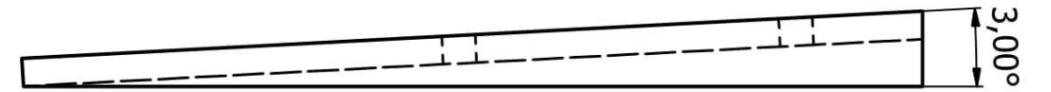
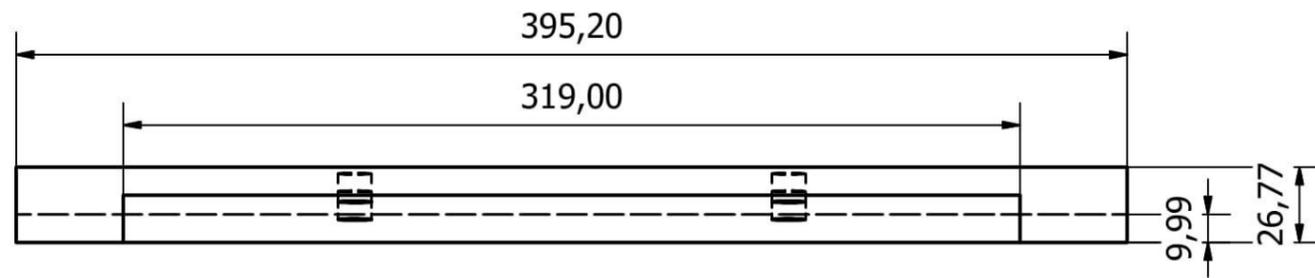
	Fecha	Nombre	Denominación	Escala
Dib.	12/8/2020	L. Tomalá - C. Vallejo	Soporte izquierdo	1:5
Rev.	31/8/2020	Q. Miguel, Ph.D.		
Aprob.	2/9/2020	Q. Miguel, Ph.D.		
Firma/Empresa			Número del plano	Marca de registro
			22/27	ESPOL
			Sustitución	



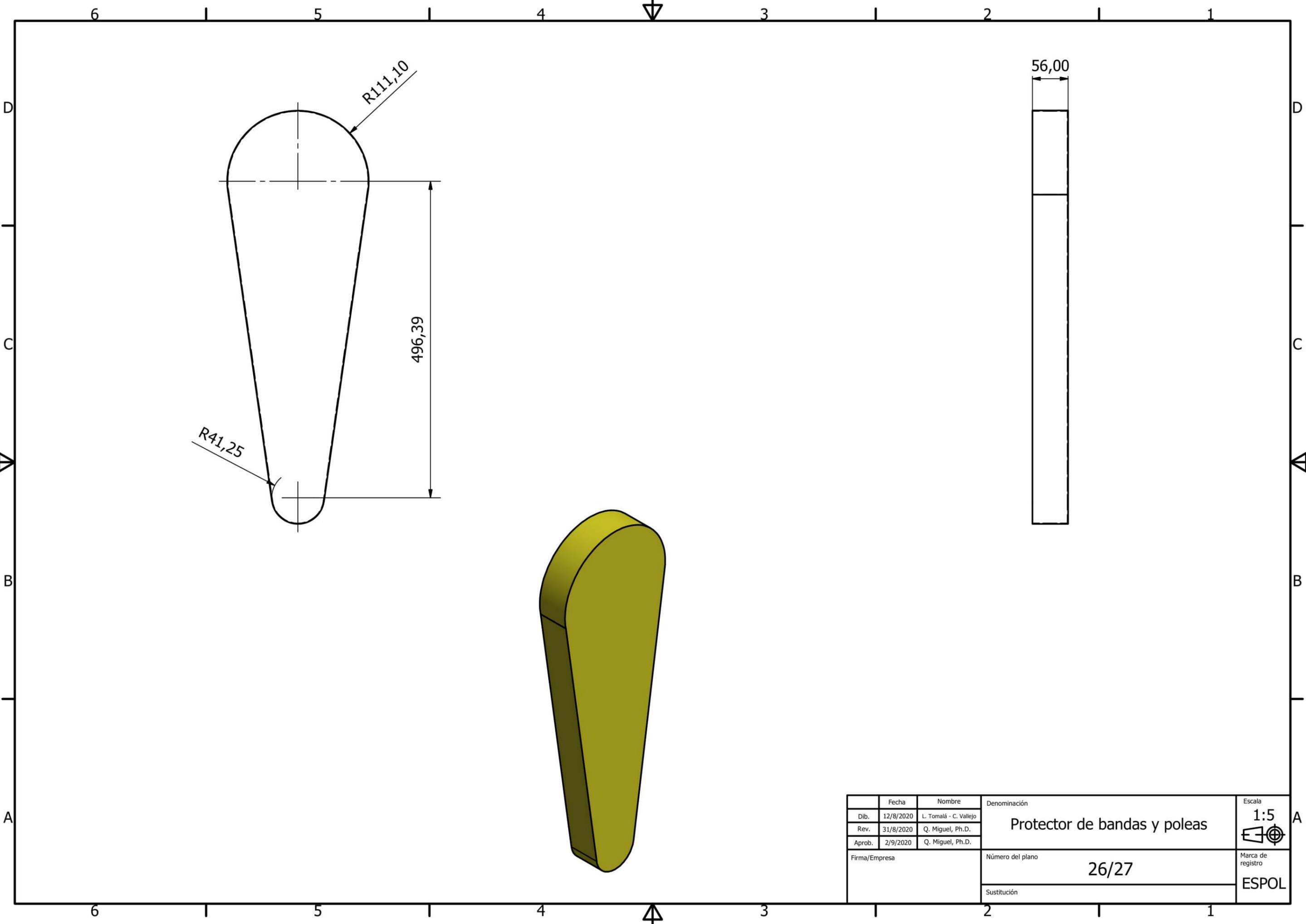
	Fecha	Nombre	Denominación	Escala
Dib.	12/8/2020	L. Tomalá - C. Vallejo	Soporte derecho	1:5
Rev.	31/8/2020	Q. Miguel, Ph.D.		
Aprob.	2/9/2020	Q. Miguel, Ph.D.		
Firma/Empresa			Número del plano	Marca de registro
			23/27	ESPOL
			Sustitución	



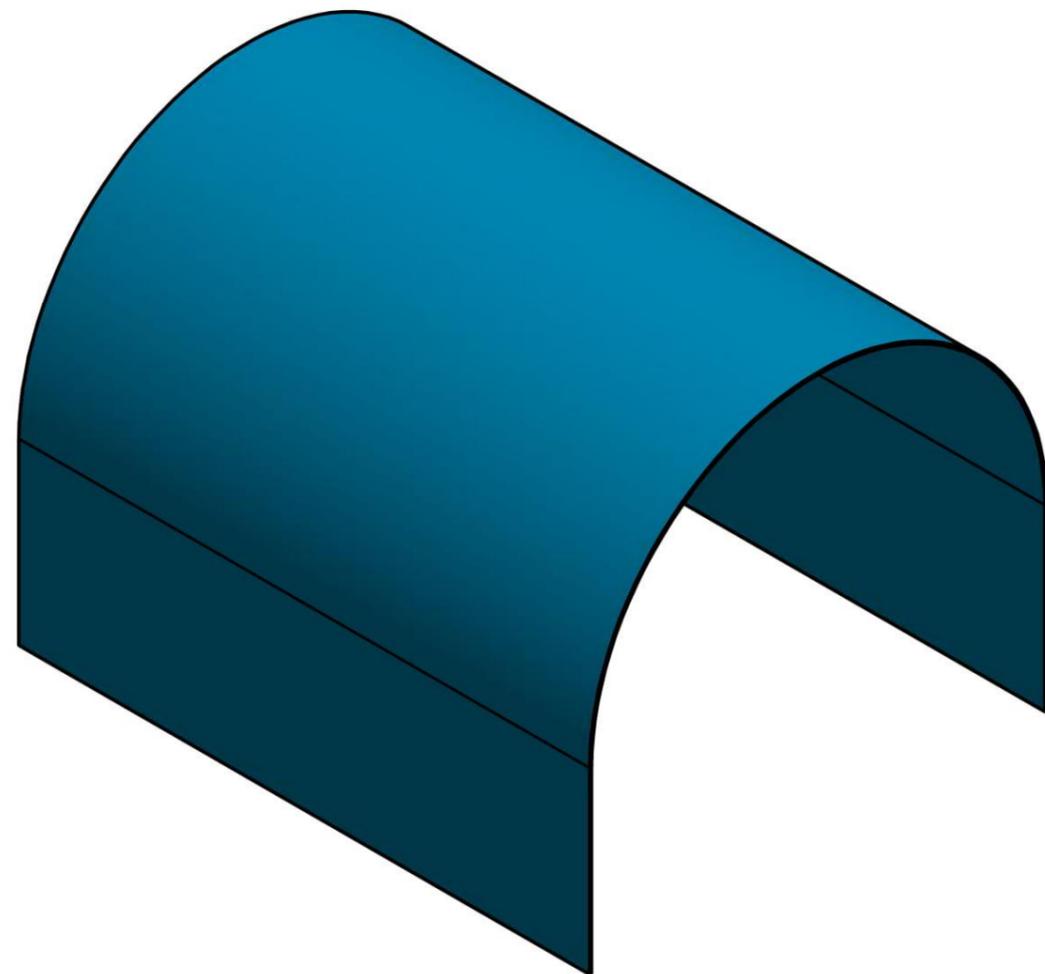
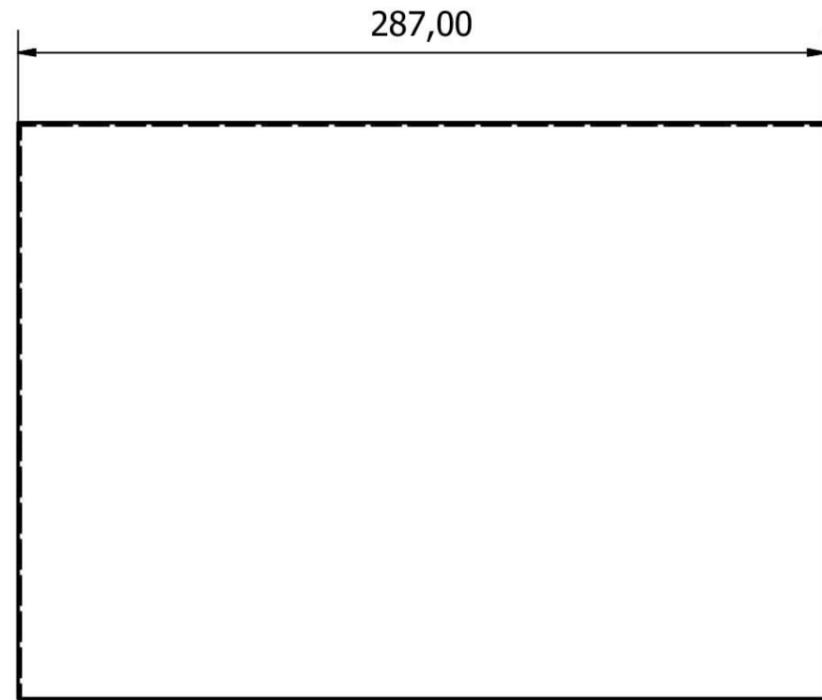
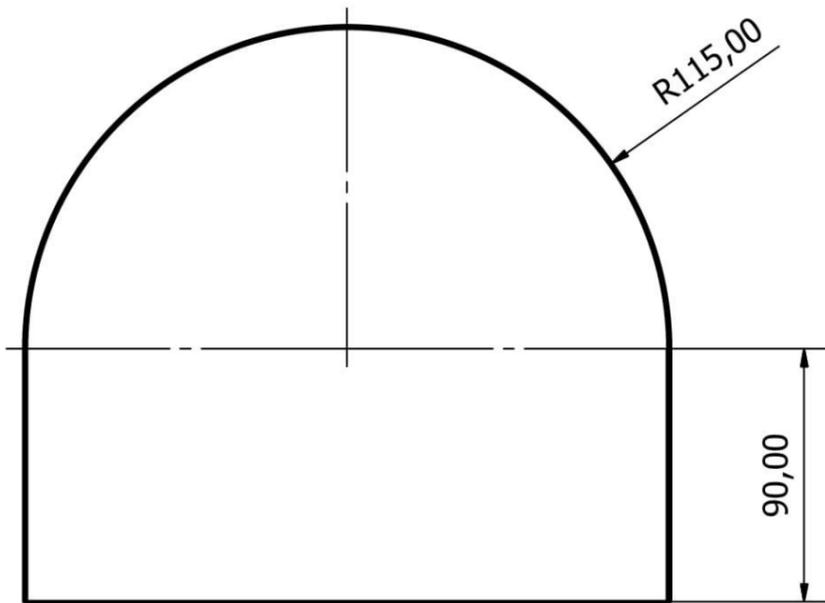
	Fecha	Nombre	Denominación	Escala
Dib.	12/8/2020	L. Tomalá - C. Vallejo	Placa base sistema de control	1:2,5
Rev.	31/8/2020	Q. Miguel, Ph.D.		
Aprob.	2/9/2020	Q. Miguel, Ph.D.		
Firma/Empresa			Número del plano	Marca de registro
			24/27	ESPOL
			Sustitución	



	Fecha	Nombre	Denominación	Escala
Dib.	12/8/2020	L. Tomalá - C. Vallejo	Placa soporte de motor eléctrico	1:2,5
Rev.	31/8/2020	Q. Miguel, Ph.D.		
Aprob.	2/9/2020	Q. Miguel, Ph.D.		
Firma/Empresa			Número del plano	Marca de registro
			25/27	ESPOL
			Sustitución	



	Fecha	Nombre	Denominación	Escala
Dib.	12/8/2020	L. Tomalá - C. Vallejo	Protector de bandas y poleas	1:5
Rev.	31/8/2020	Q. Miguel, Ph.D.		
Aprob.	2/9/2020	Q. Miguel, Ph.D.		
Firma/Empresa			Número del plano	Marca de registro
			26/27	ESPOL
			Sustitución	



	Fecha	Nombre	Denominación	Escala
Dib.	12/8/2020	L. Tomalá - C. Vallejo	Protector de motor eléctrico	1:2,5
Rev.	31/8/2020	Q. Miguel, Ph.D.		
Aprob.	2/9/2020	Q. Miguel, Ph.D.		
Firma/Empresa			Número del plano	Marca de registro
			27/27	ESPOL
			Sustitución	