



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

PROPUESTA TECNOLÓGICA

IMPLEMENTACIÓN DE UNA CLASIFICADORA DE TOMATE RIÑÓN PARA OPTIMIZAR LA ETAPA DE POSTCOSECHA EN UN INVERNADERO UBICADO EN LA PARROQUIA YANAYACU DEL CANTÓN SALCEDO PROVINCIA DE COTOPAXI.

Proyecto de Titulación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero Electromecánico.

Autor:

Molina Cordones Darling Raúl

Tutor:

Ing. MSc. Freire Martínez Luigi Orlando

Latacunga – Ecuador

Marzo – 2022



DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, Darling Raúl Molina Cordones, declaro ser el autor de la siguiente Propuesta Tecnológica: **“IMPLEMENTACIÓN DE UNA CLASIFICADORA DE TOMATE RIÑÓN PARA OPTIMIZAR LA ETAPA DE POSTCOSECHA EN UN INVERNADERO UBICADO EN LA PARROQUIA YANAYACU DEL CANTÓN SALCEDO PROVINCIA DE COTOPAXI.”** siendo el Ing. Ms.C. Luigi Orlando Freire Martínez el tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en la siguiente Propuesta Tecnológica, son de exclusiva responsabilidad,

Latacunga, marzo 2022.

Darling Raúl Molina Cordones

C.C. 0503995433



AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de tutor del Trabajo Tecnológico sobre el título:

“IMPLEMENTACIÓN DE UNA CLASIFICADORA DE TOMATE RIÑÓN PARA OPTIMIZAR LA ETAPA DE POSTCOSECHA EN UN INVERNADERO UBICADO EN LA PARROQUIA YANAYACU DEL CANTÓN SALCEDO PROVINCIA DE COTOPAXI” de Darling Raúl Molina Cordones, Estudiante de la Carrera de Ingeniería Electromecánica, considero que dicho informe investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes Científico-Técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación del Proyecto que el Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, enero 2021.

Ing. MSc. Luigi Orlando Freire Martínez

C.I 0502529589



APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS; por cuanto, el postulante: Darling Raúl Molina Cordones con el título de Proyecto de titulación: **“IMPLEMENTACIÓN DE UNA CLASIFICADORA DE TOMATE RIÑÓN PARA OPTIMIZAR LA ETAPA DE POSTCOSECHA EN UN INVERNADERO UBICADO EN LA PARROQUIA YANAYACU DEL CANTÓN SALCEDO PROVINCIA DE COTOPAXI”**, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, marzo 2022,

Para constancia firman:

Lector 1 (Presidente)

Ing. Héctor Raúl Reinoso Peñaherrera; Ms.C.
CC: 0502150899

Lector 2

Ing. Luis Miguel Navarrete López; Ms.C
CC: 1803747284

Lector 3

Ing. Verónica Paulina Freire Andrade; Ms.C
CC: 0502056229



AVAL DE IMPLEMENTACIÓN

Mediante el presente pongo en consideración que el señor: Molina Cordones Darling Raúl de la carrera de Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi, realizó su trabajo de PROPUESTA TECNOLÓGICA, aportando al invernadero ubicado en la parroquia Yanayacu, con el tema: **“IMPLEMENTACIÓN DE UNA CLASIFICADORA DE TOMATE RIÑÓN PARA OPTIMIZAR LA ETAPA DE POSTCOSECHA EN UN INVERNADERO UBICADO EN LA PARROQUIA YANAYACU DEL CANTÓN SALCEDO PROVINCIA DE COTOPAXI”**, el mismo que se implementó y se aprobó de manera satisfactoria.

Latacunga, marzo 2022.

Atentamente,

Propietario de la empresa
Sra. Dora del Pilar Porras Salazar
CC: 0502185358



AGRADECIMIENTO

El más sincero agradecimiento a nuestra alma mater, la Universidad Técnica de Cotopaxi, a mi tutor el ingeniero Luigi Freire por haberme guiado y compartido sus conocimientos en el desarrollo de mi proyecto de titulación y a todos mis estimados docentes de la carrera.

Agradezco a Dios por permitirme alcanzar este logro, a mis amados padres Raúl Molina y Marlene Cordones por todo el esfuerzo que hacen para que yo pueda alcanzar mis metas, a mis hermanos y mi sobrino por brindarme su apoyo incondicional, a Mabel Garzón por haberme motivado y ayudado a cumplir mis objetivos, a mi profesor el ingeniero Rafael Salcedo, al ingeniero Martínez y a todos mis amigos que estuvieron conmigo cuando más lo necesité.

Darling Raúl



DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a toda mi familia y seres queridos que me apoyaron y nunca me dejaron solo, por todos los consejos que supieron brindarme motivándome a seguir cumpliendo mis metas.

Darling Raúl

ÍNDICE GENERAL

PORTADA.....	i
DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....	iv
AVAL DE IMPLEMENTACIÓN.....	v
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA.....	vii
ÍNDICE GENERAL	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xv
RESUMEN.....	xvii
ABSTRACT	xviii
AVAL DE TRADUCCIÓN.....	xix
1. INFORMACIÓN GENERAL	1
2. INTRODUCCIÓN:.....	2
2.1 SITUACIÓN PROBLÉMICA:.....	2
2.1.1 Formulación Del Problema:.....	3
2.2 OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN	3
2.3 BENEFICIARIOS:	3
2.4 JUSTIFICACIÓN.....	3
2.5 HIPÓTESIS	4
2.6 OBJETIVOS.....	4
2.6.1 General.....	4
2.6.2 Específicos.....	4
2.7 SISTEMA DE TAREAS	5
3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA:.....	5
3.1 ANTECEDENTES	5
3.2 NORMATIVAS PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO.....	6
3.2.1 ASTM.....	6
3.2.2 AISI.....	6
3.2.3 NFPA 70E	7
3.2.4 Normas INEN	7

3.2.5 Norma CPE INEN 01:1987 código de práctica para la manipulación de alimentos.....	7
3.2.6 Equipos y utensilios.....	7
3.2.7 Norma INEN 1 745	7
3.3 TOMATE RIÑÓN.....	8
3.3.1 Variedades de tomates riñón que se producen en el Ecuador.....	8
3.3.2 Tomate riñón variedad Pietro	9
3.4 ETAPAS PARA COMERCIALIZAR EL TOMATE RIÑÓN	10
3.4.1 Recolección	10
3.4.2 Limpieza	10
3.4.3 Clasificación del tomate riñón.....	10
3.5 MÉTODOS DE CLASIFICACIÓN DEL TOMATE RIÑÓN.....	11
3.5.1 Clasificación tradicional.....	11
3.5.2 Clasificación automática	11
3.6 TIPOS DE MÁQUINAS CLASIFICADORAS DE TOMATE RIÑÓN	12
3.6.1 Máquina clasificadora por tambor giratorio	12
3.6.2 Máquina clasificadora de banda transportadora	12
3.6.3 Máquina calibradora automática con célula fotoeléctrica	13
3.6.4 Máquina seleccionadora mediante redes neuronales.....	13
3.6.5 Máquina clasificadora mediante bandas transportadoras divisoras.....	14
3.6.6 Máquina clasificadora de acuerdo a la masa	14
3.7 DISEÑO MECÁNICO	15
3.7.1 Conocimientos que se deben aplicar al diseño de máquinas.....	15
3.8 ELEMENTOS DE LA MÁQUINA CON SISTEMA DE CLASIFICACIÓN POR EJES.....	16
3.8.1 Estructura.....	16
3.8.2 Planchas metálicas.....	16
3.8.3 Tolva de alimentación	16
3.8.4 Ejes.....	17
3.8.5 Motor Eléctrico.....	17
3.8.6 Transmisión de potencia por poleas de diferentes diámetros	18
3.8.6.1 Transmisión compuesta	19
3.8.7 Catalina.....	20
3.8.8 Cadenas.....	21

3.8.9 Sistema de transmisión por cadenas	21
3.8.10 Chumaceras	22
3.8.11 Rodamientos	22
3.8.12 Eje motriz	23
3.8.13 Arandelas	23
3.8.14 Pernos	23
3.9 SISTEMAS COMPUTACIONALES PARA EL DISEÑO MECÁNICO CAD/CAE	24
3.9.1 Sistemas CAD	24
3.9.2 Sistemas CAE	24
3.10 MATERIALES UTILIZADOS EN LA INDUSTRIA DE MECANIZADO.....	25
3.10.1 Acero ASTM A36	25
3.10.2 Acero AISI 304.....	25
3.10.3 Pintura anticorrosiva (Epóxica).....	25
3.10.4 Sistema eléctrico.....	26
4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	26
4.1 MÉTODOS EMPLEADOS EN EL PROYECTO.....	26
4.1.1 Método científico.....	26
4.1.2 Método deductivo	26
4.2 TIPOS DE INVESTIGACIÓN EMPLEADOS EN EL PROYECTO	27
4.2.1 Investigación bibliográfica	27
4.2.2 Investigación experimental.....	27
4.3 CARACTERÍSTICAS QUE DEBE TENER LA MÁQUINA	27
4.4 ANÁLISIS DE LOS TAMAÑOS DEL TOMATE RIÑÓN PIETRO	28
4.5 ANÁLISIS FUNCIONAL DE LA MÁQUINA	30
4.6 DETERMINACIÓN DEL TIPO DE MÁQUINA.....	30
4.7 DISEÑO MECÁNICO DE LA MÁQUINA CLASIFICADORA	32
4.7.1 Software SolidWorks versión estudiantil	32
4.7.2 Diseño estructural	33
4.7.2.1 Estructura de la tolva de alimentación de la máquina	34
4.7.2.2 Estructura de la primera sección de clasificación.....	34
4.7.2.3 Estructura de la segunda sección de clasificación.....	34
4.7.3 Planchas metálicas para las tolvas y rampas de la máquina.....	35
4.7.4 Cálculo de dimensionamiento del motor	36

4.7.4.1 Determinación de las secciones de clasificación.....	36
4.7.5 Cálculo de los parámetros de producción.....	39
4.7.5.1 Cálculo de tiempo de caída del tomate a la rampa	40
4.7.5.2 Tiempo de llenado de tomates de cada etapa	41
4.7.6 Sistema de transmisión	42
4.7.6.1 Selección de las poleas	43
4.7.6.2 Cálculo de la longitud de la banda.....	43
4.7.7 Cálculo del eje motriz.....	44
4.7.7.1 Diagrama de cuerpo libre	45
4.7.7.2 Cálculo del límite de resistencia.....	45
4.7.7.3 Con la siguiente ecuación se procederá a calcular el límite de resistencia a la fatiga..	46
4.8 CÁLCULO DEL RADIO DE LA MUESCA (REDONDEOS DE LOS EJES).....	46
4.8.1 Rodamientos	47
4.8.2 Sistema de clasificación.....	48
4.9 ANÁLISIS CAE.....	50
4.10 DISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO.....	51
4.10.1 Dimensionamiento de los componentes del sistema eléctrico.....	51
4.11 PINTURA.....	52
5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	53
5.1 CÁLCULO DE DIMENSIONAMIENTO DEL MOTOR.....	53
5.1.1 Cálculo de parámetros de producción	55
5.2 CÁLCULO DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN.....	58
5.2.1 Cálculo de longitud de la banda	59
5.2.2 Cálculo del eje motriz de la primera sección.....	59
5.2.3 Polea tipo A	60
5.2.4 Catalina 8B	61
5.2.5 Diagrama de cuerpo libre plano XY.....	61
5.2.6 Diagrama de cuerpo libre plano XZ	63
5.2.7 Cálculo del radio de la muesca del eje motriz de la primera sección (redondeos de ejes).....	64
5.2.8 Cálculo del eje motriz de la segunda sección	66
5.2.9 Catalina motriz	66
5.2.10 Catalina 8B	67

5.2.11 Diagrama de cuerpo libre plano XY (eje de la segunda sección).....	68
5.2.12 Diagrama de cuerpo libre plano XZ	69
5.2.13 Cálculo del radio de la muesca (Redondeos de ejes).....	71
5.3 ANÁLISIS CAE DE LA ESTRUCTURA	73
5.4 ANÁLISIS CAE DEL EJE MOTRIZ (PRIMERA SECCIÓN).....	81
5.5 ANÁLISIS CAE DE LA CATALINA.....	86
5.6 ANÁLISIS CAE DEL EJE MOTRIZ (SEGUNDA SECCIÓN)	90
5.7 PRESUPUESTO.....	95
5.8 ANÁLISIS DE IMPACTO.....	96
5.8.1 Impacto tecnológico	96
5.8.2 Impacto económico.....	96
5.8.2.1 Análisis de producción	97
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	101
6.1 CONCLUSIONES.....	101
6.2 RECOMENDACIONES	101
7. BIBLIOGRAFÍA.....	103
8. ANEXOS.....	106

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Diagrama causa efecto (Ishikagua).....	2
Figura 3.1. Tomate riñón variedad Pietro.	10
Figura 3.2. Clasificación manual del tomate.	11
Figura 3.3. Clasificación automática del tomate riñón.....	11
Figura 3.4. Clasificadora de frutos mediante tambor giratorio.....	12
Figura 3.5. Clasificadora de frutos mediante una banda transportadora.	12
Figura 3.6. Calibradora de frutos mediante célula fotoeléctrica.....	13
Figura 3.7. Clasificadora de frutos mediante redes neuronales.	14
Figura 3.8. Clasificadora de frutos mediante bandas transportadoras divisoras.	14
Figura 3.9. Clasificadora de frutos de acuerdo a su masa.	15
Figura 3.10. Sistema de transmisión por poleas de diversos diámetros	19
Figura 3.11. Transmisión compuesta (tren de poleas).....	19
Figura 3.12. Estructura de un catalina.	20
Figura 3.13. Estructura de una cadena.....	21
Figura 3.14. Sistema de transmisión cadena-catalina.....	21
Figura 3.15. Estructura de un rodamiento.	23
Figura 3.16. Eje motriz.	23
Figura 3.17. Pintura epóxica.....	25
Figura 4.1. Tomate de 59 mm de diámetro.....	28
Figura 4.2. Tomate de 79 mm de diámetro.....	29
Figura 4.3. Tomate 97 de mm de diámetro.	29
Figura 4.4. Diagrama funcional del sistema de clasificación de tomate riñón.....	30
Figura 4.5. Interfaz del software SolidWorks.....	33
Figura 4.6. Tubos cortados para la construcción de la estructura.....	33
Figura 4.7. Estructura uno y dos ensamblada.....	34
Figura 4.8. Estructura de la tolva de salida.....	35
Figura 4.9. Planchas de acero ASTM A36 del recubrimiento lateral de la máquina.	35
Figura 4.10. Tolva de alimentación.	36
Figura 4.11. Etapas del proceso de clasificación considerando los tomates de 97 mm.	37
Figura 4.12. Ángulos de caída de las salidas respectivas en las secciones clasificadoras.....	40
Figura 4.13. Sistema de transmisión de la máquina clasificadora (tren de poleas).....	42
Figura 4.14. Eje del sistema de clasificación.....	48
Figura 4.15. Eje acoplado a la cadena.	49
Figura 4.16. Sistema de clasificación por ejes.	49

Figura 4.17. Distribución de cargas para el análisis CAE de la estructura.....	50
Figura 4.18. Distribución de cargas para el análisis CAE del eje motriz de la primera sección.	50
Figura 4.19. Distribución de cargas para el análisis CAE del eje motriz de la segunda sección.	51
Figura 4.20. Distribución de cargas para el análisis CAE de la catalina.	51
Figura 4.21. Circuito eléctrico de control de la máquina clasificadora.	52
Figura 5.1. Sistema de transmisión.....	58
Figura 5.2. Eje motriz de la primera sección.....	60
Figura 5.3. Diagrama de cuerpo libre del eje motriz de la primera sección (plano XY).....	62
Figura 5.4. Diagrama de cuerpo libre del eje motriz de la primera sección (plano XZ).	63
Figura 5.5. Eje motriz de la segunda sección.	66
Figura 5.6. Diagrama de cuerpo libre del eje motriz de la segunda sección (plano XY).....	68
Figura 5.7. Diagrama de cuerpo libre del eje motriz de la segunda sección (plano XZ).	69

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Sistema de tareas de la propuesta tecnológica.....	5
Tabla 3.1. Recomendaciones para la clasificación del tomate según su diámetro ecuatorial. ..	8
Tabla 3.2. Tipos de tomates que se cultivan en el Ecuador.	9
Tabla 3.3. Características de la estructura.	16
Tabla 3.4. Ventajas y desventajas de un motor eléctrico.....	17
Tabla 3.5. Elementos del sistema de poleas.	18
Tabla 3.6. Ventajas y desventajas del sistema de transmisión por poleas.....	18
Tabla 3.7. tipos de transmisión por poleas.	20
Tabla 3.8. Tipos de chumaceras.	22
Tabla 3.9. Tipos de pernos.	24
Tabla 3.10. Elementos de un sistema de control eléctrico.....	26
Tabla 4.1. Análisis de los requerimientos de la máquina.	28
Tabla 4.2. Características físicas del tomate Pietro en la plantación de Yanayacu.	29
Tabla 4.3. Evaluación de todos los criterios según el tipo de máquina.	32
Tabla 4.4. Diámetros de las poleas.	43
Tabla 5.1. Cargas distribuidas en la estructura.	73
Tabla 5.2. Simulación de deformación.	74
Tabla 5.3. Simulación del valor de Von Mises.	75
Tabla 5.4. Simulación del factor de seguridad.	76
Tabla 5.5. Simulación de vibraciones.....	77
Tabla 5.6. Simulación de valores de frecuencia.	78
Tabla 5.7. Simulación de valores de amplitud por modos determinados.	79
Tabla 5.8. Simulación de frecuencia frente al número de modo.	80
Tabla 5.9. Simulación del eje motriz de la primera sección.....	81
Tabla 5.10. Simulación de deformación máxima del eje motriz de la primera sección.	82
Tabla 5.11. Simulación de Von Mises del eje motriz de la primera sección.....	83
Tabla 5.12. Simulación del factor de seguridad del eje motriz de la primera sección.	84
Tabla 5.13. Simulación del factor de carga del eje motriz de la primera sección.	85
Tabla 5.14. Simulación de la catalina.....	86
Tabla 5.15. Simulación de deformación en la catalina.....	87
Tabla 5.16. Simulación de Von Mises en la catalina.....	88
Tabla 5.17. Simulación del factor de seguridad en la catalina.	89
Tabla 5.18. Simulación del eje motriz de la segunda sección.	90
Tabla 5.19. Simulación de deformación máxima del eje motriz de la segunda sección.	91

Tabla 5.20. Simulación de Von Mises del eje motriz de la segunda sección.....	92
Tabla 5.21. Simulación de factor de seguridad del eje motriz de la segunda sección.....	93
Tabla 5.22. Simulación de factor de carga del eje motriz de la segunda sección.....	94
Tabla 5.23. Presupuesto de la mano de obra.	95
Tabla 5.24. Presupuesto de los materiales empleados.....	95
Tabla 5.25. Tabla de producción de la máquina.....	96
Tabla 5.26. Tabla de producción por personas.....	97
Tabla 5.27. Tabla de comparaciones de producción.	97
Tabla 5.28. Inversión en semillas de tomate Pietro.....	97
Tabla 5.29. Inversión en abono.	98
Tabla 5.30. Inversión en sueldos.	98
Tabla 5.31. Producción diaria.....	99
Tabla 5.32. Producción semanal.....	99
Tabla 5.33. Cálculo del VAN y TIR.....	100



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TEMA: “IMPLEMENTACIÓN DE UNA CLASIFICADORA DE TOMATE RIÑÓN PARA OPTIMIZAR LA ETAPA DE POSTCOSECHA EN UN INVERNADERO UBICADO EN LA PARROQUIA YANAYACU DEL CANTÓN SALCEDO PROVINCIA DE COTOPAXI”.

Autor: Molina Cordones Darling Raúl

RESUMEN

El presente proyecto tuvo como objetivo el diseño de una máquina que clasifique el tomate por su tamaño en tres clases que son pequeño de 59 mm a menos, mediano de 60 mm a 78 mm y grande de 79 mm a 97 mm, para lograr una mejora en esta etapa de la postcosecha en un invernadero ubicado en la parroquia Yanayacu cantón Salcedo provincia de Cotopaxi. Se tomó en cuenta la producción del cultivo que tiene dicho sector, tanto diaria como semanal. En el proyecto se presenta una máquina que consta de ejes acoplados en una cadena que toman la forma de rejillas las cuales tienen una separación determinada que es por donde cae el tomate de cada sección. Para el sistema de transmisión se tiene un tren de poleas que reduce la velocidad inicial del motor dando como resultado 63.5 RPM que se la consideró como la velocidad óptima de movimiento de las secciones clasificadoras, estas poleas están entrelazadas por bandas dentadas las mismas que evitaran que patinen en el momento en que está operando la máquina. En la primera etapa se llegarán a clasificar 48 tomates en 108.8 segundos, en la segunda 35 en 200.9 segundos y en la tercera 28 en un tiempo de 236.88 segundos. Para determinar que la estructura, las catalinas y los ejes motrices están correctamente diseñados se realizó un análisis de elementos finitos en un software CAD/CAE y finalmente se instaló el sistema eléctrico de mando que accionará la máquina.

Palabras clave: Postcosecha, invernadero, secciones, clasificadoras, bandas, poleas.



**COTOPAXI TECHNICAL UNIVERSITY
ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES FACULTY**

TOPIC: "IMPLEMENTATION OF A KIDNEY TOMATO GRADING MACHINE TO OPTIMIZE THE POST-HARVEST STAGE IN A GREENHOUSE LOCATED IN THE PARISH OF YANAYACU IN THE CANTON OF SALCEDO, PROVINCE OF COTOPAXI".

Author: Molina Cordones Darling Raúl

ABSTRACT

The objective of this project was to design a machine that classifies tomatoes by size into three classes: small from 59 mm to less, medium from 60 mm to 78 mm and large from 79 mm to 97 mm, to achieve an improvement in this stage of post-harvest in a greenhouse located in the Yanayacu parish in the Salcedo canton, province of Cotopaxi. The daily and weekly crop production of this sector was taken into account. The project presents a machine consisting of shafts coupled to a chain that take the form of grids which have a certain separation which is where the tomato falls from each section. For the transmission system there is a train of pulleys that reduces the initial speed of the engine resulting in 63.5 RPM which was considered as the optimum speed of movement of the sorting sections, these pulleys are intertwined by toothed belts which prevent them from slipping when the machine is operating. In the first stage 48 tomatoes will be sorted in 108.8 seconds, in the second stage 35 in 200.9 seconds and in the third stage 28 in a time of 236.88 seconds. To determine that the structure, the catalytic converters and the drive shafts are correctly designed, a finite element analysis was carried out in CAD/CAE software and finally the electrical control system that will drive the machine was installed.

Keywords: Post-harvest, greenhouse, sections, sorters, belts, pulleys.



AVAL DE TRADUCCIÓN

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título: Implementación de una clasificadora de tomate riñón para optimizar la etapa de postcosecha en un invernadero ubicado en la parroquia Yanayacu del cantón Salcedo provincia de Cotopaxi.

Fecha de inicio: 25 de octubre 2021

Fecha de finalización: 03 de marzo 2022

Lugar de ejecución:

Zona 3, Provincia de Cotopaxi, Cantón Salcedo, Parroquia Yanayacu

Facultad que auspicia: Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas (CIYA)

Carrera que auspicia: Ingeniería en Electromecánica

Proyecto de investigación vinculado: Proyecto Generativo

Equipo de trabajo:

Tutor:

Nombre: Ing. MSc. Luigi Orlando Freire Martínez

Cédula de identidad: 0502529589

Correo electrónico: luigi.freire@utc.edu.ec

Estudiante:

Nombre: Darling Raúl Molina Cordones

Cédula de identidad: 0503995433

Correo electrónico: darling.molina3@utc.edu.ec

Dirección: Cantón Latacunga, Cotopaxi

Área de Conocimiento: Ingeniería, Industria y Construcción (07) /Ingeniería y Profesiones Afines (071) / Mecánica y oficios de metales (0715).

Línea de investigación: Procesos Industriales.

Sub línea de investigación de la Carrera: Diseño, construcción y mantenimiento de elementos, prototipos y sistemas electromecánicos.

2. INTRODUCCIÓN:

2.1 SITUACIÓN PROBLÉMICA:

A pesar de que se produce en gran cantidad, no todo el tomate cultivado llega al consumidor, y una parte se echa a perder. Esta pérdida se debe al escaso conocimiento técnico de los agricultores del sector de Yanayacu en las diversas etapas de la producción. Es interés del presente proyecto abordar la etapa de postcosecha.

Con las técnicas manuales de clasificación actualmente utilizadas en la mayoría de los invernaderos de tomate, el proceso exige una gran demanda de tiempo para las personas dedicadas a esta actividad. Por otro lado, existen máquinas clasificadoras a un costo excesivamente alto para ser adquiridas en el mercado por los pequeños productores. Por ello se propone el diseño de una máquina que cumpla con los objetivos inicialmente planteados a un costo de fabricación accesible.

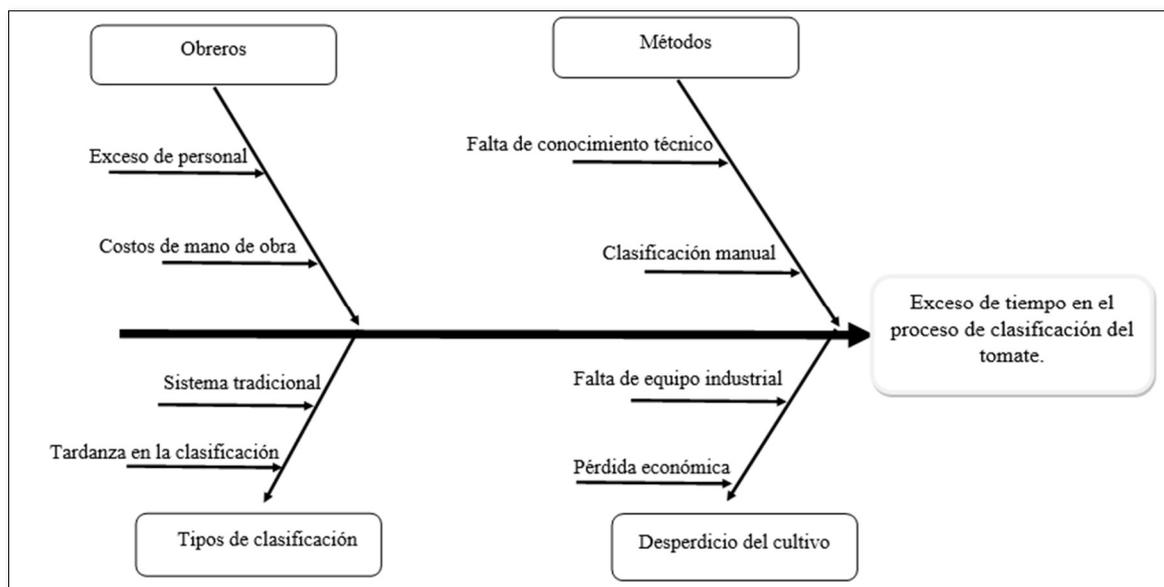


Figura 2.1. Diagrama causa efecto (Ishikawa).

2.1.1 Formulación Del Problema:

Se requiere una máquina que agilice el proceso de clasificación del tomate riñón por tamaños grande, mediano y pequeño para optimizar el tiempo de trabajo de los agricultores de un invernadero ubicado en la parroquia Yanayacu, cantón Salcedo, provincia de Cotopaxi.

2.2 OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN

Objeto de estudio

La implementación de una máquina clasificadora de tomate riñón.

Campo de acción

330000 ciencias y Tecnologías/ 3313 Tecnología e Ingeniería Mecánicas/ 3313.15 Diseño de Maquinas.

2.3 BENEFICIARIOS:

Beneficiarios Directos:

Yanayacu-Salcedo

Beneficiarios Indirectos:

Agricultores

2.4 JUSTIFICACIÓN

Las necesidades que se buscan solventar con este proyecto es primeramente reducir el tiempo de clasificación del tomate riñón en esta etapa de la postcosecha, para lo cual se implementará una máquina que se encargará de clasificar el producto de acuerdo a los tamaños que se requieran por parte de los agricultores. Este tipo de proyectos tecnológicos ayudará a los pequeños agricultores del país en la distribución de sus productos de una manera más organizada y eficiente, como en este caso que está enfocado para los agricultores que se encuentran ubicados en la parroquia de Yanayacu del cantón Salcedo provincia de Cotopaxi. De acuerdo a la información recopilada de los agricultores sobre el método que aplican para clasificar este producto en el sector, este carece de un proceso que garantice una clasificación más ordena del tomate riñón.

2.5 HIPÓTESIS

El diseño e implementación de una máquina clasificadora de tomate riñón garantizará un sistema funcional para mejorar la distribución selectiva por tamaños grande, mediano y pequeño de dicho cultivo, cuyo beneficio será disminuir el tiempo de trabajo en el proceso de clasificación en el invernadero de la parroquia Yanayacu, cantón Salcedo provincia de Cotopaxi.

2.6 OBJETIVOS

2.6.1 General

Implementar una máquina que clasifique el tomate riñón en los tamaños grande, mediano y pequeño, mediante el uso de un sistema selector, para optimizar el tiempo de trabajo de los agricultores en un invernadero ubicado en la parroquia Yanayacu, cantón Salcedo provincia de Cotopaxi.

2.6.2 Específicos

- Investigar los distintos tipos de máquinas clasificadoras, mediante el análisis de fuentes bibliográficas.
- Diseñar una máquina semiautomática, para la clasificación del tomate riñón de acuerdo a su tamaño.
- Construir una máquina con materiales que tengan un costo accesible para los agricultores del invernadero ubicado en la parroquia Yanayacu.

2.7 SISTEMA DE TAREAS

Tabla 2.1. Sistema de tareas de la propuesta tecnológica.

Objetivos específicos	Actividades (tareas)	Resultados esperados	Técnicas, Medios e Instrumentos
Investigar los distintos tipos de máquinas clasificadoras, mediante el análisis de fuentes bibliográficas.	Revisión de documentos investigativos como tesis, artículos científicos, que tengan relación con el tema.	Obtención de información acerca de cómo funcionan los elementos que conforman una máquina clasificadora.	Lectura de documentos investigativos.
Diseñar una máquina semiautomática, para la clasificación del tomate riñón de acuerdo a su tamaño.	Diseñar la máquina con el análisis e incorporación de cada uno de sus elementos.	Realización de pruebas y mediciones con la ayuda del software.	Diseño y simulación con la ayuda del software.
Construir una máquina con materiales que tengan un costo accesible para los agricultores del invernadero ubicado en la parroquia Yanayacu.	Selección de los materiales, dimensionamiento de los elementos.	Ensamblado de los elementos de la máquina.	Visualización de la funcionalidad de la máquina clasificadora.

3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA:

3.1 ANTECEDENTES

Para este proyecto diseñaron la máquina con el objetivo de efectuar los requerimientos enmarcados para la producción dada, además que esta máquina servirá como un prototipo que permita futuramente mejoras como rediseños, el tomate usado es variedad Daniela y se clasificara en cuatro tamaños diversos con una dimensión de 80 cartones de 23kg/h siendo este parámetro el más importante para el diseño de la máquina, para la alimentación de la tolva se consideró una que se abastecerá de forma manual en donde las personas depositen directamente dentro de la tolva el producto para su clasificación, sin necesidad de una banda transportadora, la máquina debe proporcionar facilidad para su manejo al igual que seguridad y no ser demasiado ruidosa. [1]

La máquina a implementar debe obedecer a ciertos criterios como son: poseer una fácil operación, el tomate riñón que será utilizado para su clasificación deberá estar en buen estado y en cuanto a su mantenimiento la máquina se construirá con elementos que posean fácil accesibilidad y con disponibilidad dentro del mercado local para una sustitución en caso de avería, además la clasificación de la máquina será de 300kg/h.

Lo más recomendable es comenzar por un análisis computacional seguidamente de la

elaboración de planos para su validez, aplicando además un análisis de Elementos Finitos para la verificación de la resistencia como de la estabilidad, además un modelo de máquina ergonómico que facilite el manejo de personas de diversas tallas. [2]

Este tipo de proyectos está destinado al impulso del sector microempresarial y de emprendimientos en la provincia de Cotopaxi, para ello consideraron puntos clave como la capacidad económica dispuesta a invertir por parte de los agricultores que sería de un rango entre 1500 hasta los 2000 dólares por lo cual consideraron elementos de fácil adquisición dentro del comercio local e igualmente se apuntan que debe en lo posible economizar sus recursos, además que la máquina sea de fácil manejo, para su operación la máquina clasificará en cuatro niveles (diámetros de la fruta), la capacidad de ingreso de la fruta a la máquina es alta, con ello se garantizara una clasificación veloz, con una capacidad de clasificación alrededor de 1ton/h (1000kg/h).

Indican que para que la máquina posea un tamaño optimo, necesitaron que esta tuviera dimensiones aproximadas de 3500*900*1200 mm, la funcionalidad de la máquina se enmarca según los requerimientos previos que sea con energía eléctrica y que en lo posible no sea ruidosa, junto a que el sistema de transmisión de potencia que posee esté cubierto para que de esta manera se evite cualquier tipo de accidente, finalmente para el traslado del producto ya clasificado será por recipientes de plásticos o cajas a algún tipo de contenedor que manejen los agricultores. [3]

3.2 NORMATIVAS PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO

3.2.1 ASTM

Por sus siglas en inglés (American Society for Testing and Materials), es una institución internacional, esta norma está relacionada a la producción de metales, construcción, polímeros, combustible, etc. Se puede aplicar a estudios e investigaciones de desarrollo en eficiencia y calidad de productos, así como en el comercio mundial. [4]

3.2.2 AISI

Por sus siglas en inglés (American Iron and Steel Institute), esta norma está dirigida a la producción de aceros y materiales que no contienen hierro en su estructura y composición química. La primera inicial explica la aleación, la segunda la cantidad del elemento con el que está principalmente diseñado y los dos últimos nos informan los porcentajes de carbono que contiene. [5]

3.2.3 NFPA 70E

Norma para la Seguridad Eléctrica en Lugares de Trabajo, se encarga de los requisitos de seguridad que deben alcanzar las instalaciones eléctricas ya sean domiciliarias o industriales, encargados básicamente de preservar el bienestar del operador y de la gente que se encuentra en el entorno. [6]

3.2.4 Normas INEN

Estas normas están encargadas de inspeccionar los métodos de mercadeo, asegurando un manejo adecuado de los productos que se consumen en el Ecuador. De esta manera preservar la salud y conformidad de los compradores, verificando que se cumplan los estándares de calidad en la producción. [7]

3.2.5 Norma CPE INEN 01:1987 código de práctica para la manipulación de alimentos

En este código se aconseja usar métodos adecuados de aseo al momento de manipular alimentos con el propósito de que se evite el consumo de productos contaminados que perjudican la salud. Las disposiciones normativas de carácter técnico del presente código se complementarán con los reglamentos y otras regulaciones de carácter administrativo que expidan los Ministerios de Salud y Agricultura, en lo que corresponda. [8]

3.2.6 Equipos y utensilios

En el artículo 3.2.5 de la norma CPE INEN 01:1987, se habla de los materiales que estén dirigidos al manejo de alimentos, estos no deben transferir sustancias tóxicas, hablando específicamente de los aceros estos no deberán emitir corrosión, las superficies de dicho material tienen que estar libres de imperfecciones tales como agujeros o aspereza que se desprenda y adhiera al producto.

De igual manera se menciona el artículo 3.5.1.1, que para este tipo de trabajos no se deberá utilizar material que se sabe que contiene sustancias extrañas, a menos que estas puedan reducirse a niveles tolerables. [8]

3.2.7 Norma INEN 1 745

En el artículo 4.1 se especifica que, para la clasificación del tomate se deberá tomar de referencia su diámetro ecuatorial. Para cada tipo se establece los grados de calidad correspondientes a una producción eficiente en cierto sector. [9]

Tabla 3.1. Recomendaciones para la clasificación del tomate según su diámetro ecuatorial. [9]

TIPO (Tamaño)	DIÁMETRO EN mm	
	Mínimo	Máximo
I (grande)	Mayor que	70
II (mediano)	56	70
III (pequeño)	40 y	55

En el artículo 4.3 nos dice que los tamaños de tomates que no se encuentren en los descritos anteriormente, entran en la categoría de no tipificados, dado que en todos los lugares donde se cultiva el tomate riñón surge una necesidad diferente, los productores venden los tomates según los requerimientos de los compradores. Como se lo explica en el apartado A.2 el consumidor y el productor fijaran un acuerdo del tipo de madurez que requieren que tenga el producto, esto también se podría aplicar al tamaño que soliciten del cultivo los compradores. [9]

3.3 TOMATE RIÑÓN

Es una de las hortalizas más producidas y consumida en el país y en el exterior. Se caracteriza por un cultivo intensivo, realizado durante todo el año. Se pueden encontrar varios tipos de tomate dependiendo de la región en donde se cultive. [10]

Actualmente es la hortaliza con mayor valor nutritivo del mundo, incluyendo vitaminas A, B1, B2, B6, C, E; y minerales como el fósforo, potasio, magnesio, manganeso, zinc, cobre, sodio, hierro y calcio. Además, los tomates contienen proteínas, carbohidratos, fibra y ácido fólico. [11]

3.3.1 Variedades de tomates riñón que se producen en el Ecuador

Las principales variedades de tomate riñón que se cultivan en el Ecuador son: Pietro, Titán, Sheila, Cherry, Charleston, Daniela, Gloria, Gigante, Coloso, Alambra y Chonto. La mayoría de estas variedades se cultivan en invernaderos porque de esta manera se logra controlar los factores climáticos, lo que permite que los tomates crezcan en cualquier época del año. Los tomates recomendados para cultivo en invernadero son: Daniela, Fortaleza, Sheila, Titán y Pietro. [12]

Tabla 3.2.Tipos de tomates que se cultivan en el Ecuador. [12]

TIPO	DESCRIPCIÓN
Pietro	Sus ramas son fuertes, por lo que se puede manejar con facilidad sin causar ningún daño a la planta a la hora de las tareas de cuidado de la planta. Son de color rojo oscuro y de forma semicircular. El fruto pesa de 230 a 250 gramos.
Titán	Es ideal para el cultivo en invernadero, y entre sus características se encuentran el tener buen sabor, resistencia al transporte y bajo consumo de agua para el cultivo. El fruto pesa de 200 a 240 gramos.
Sheila	Sus racimos son firmes y uniformes, y el fruto es firme y de color rojo oscuro, de entre 5 y 6 cm de tamaño. Su peso varía entre 200 y 250 gramos.
Daniela	Se puede cultivar al aire libre o en invernadero, es una planta muy fuerte y prolífica, sus frutos son semicirculares, de color rojo oscuro y firmes, lo que permite transportarla sin maltratarla. El peso del fruto oscila entre 180 y 200 gramos.
Chonto	Se caracteriza por ser resistente, puede manipularse y transportarse con seguridad sin dañar el producto, es de tamaño mediano y puede pesar hasta 120 a 180 gramos.
Cherry o Cereza	A diferencia del tipo fortaleza, este tomate requiere mucho sol y climas tropicales, se cultiva principalmente para cocinas gourmet y tiene un fruto más pequeño, del tamaño de una cereza.
Fortuna	Es ideal para cultivar en invernaderos a altitudes entre 1.600 y 2.700 metros. Se desarrolla alrededor de los 8 meses y el fruto es de color rojo oscuro, brillante y resistente. La fruta pesa 240 gramos y 260 gramos.

3.3.2 Tomate riñón variedad Pietro

Esta variedad de tomate riñón conocido como de extensa vida, es levemente redondo, con variaciones en su grosor y firmeza. Su planta es de una alta adaptación, logra producir un producto de grandes dimensiones, además de ser una planta fornida presentando una excelente cobertura foliar y reducidos entrenudos. Presenta además unos racimos homogéneos con una presencia de 5 a 7 frutos, tiene un enorme calibre incluso en su último racimo y también ofrece una óptima postcosecha. Sus frutos tienen una coloración rojiza y con una dimensión grande, alcanzando los 230-300 gr y cuenta con una adaptación satisfactoria a invernaderos como campos abiertos. [13]



Figura 3.1. Tomate riñón variedad Pietro. [13]

3.4 ETAPAS PARA COMERCIALIZAR EL TOMATE RIÑÓN

3.4.1 Recolección

Durante la fase de cosecha, el tiempo en el que se recolectan los tomates estaría en el rango de 5 a 7 días, conforme aumente la demanda del producto, así como las condiciones climáticas tales como la temperatura del entorno en donde crece el cultivo, dependiendo de estos factores se podrá recolectar en rangos de tiempo mucho menores, de esta forma llegando a obtener una producción diaria. [14]

3.4.2 Limpieza

Este proceso consiste en eliminar todo tipo de residuos indeseados que contaminen el tomate, deteriorando el aspecto o modificando el tamaño real del cultivo.

Para este proceso de preferencia se usa agua, esta debe ser de buena procedencia para garantizar que el tomate no se vuelva a contaminar.

Existen dos tipos de técnicas para la limpieza de los cultivos que consisten en limpiar los cultivos en seco ya sea por aspiración, cepillado o tamizado, y también con humedad la cual se da mediante el rociado de agua fría. [14]

3.4.3 Clasificación del tomate riñón

Los agricultores producen esta planta dependiendo de la demanda que tengan en el mercado, este aspecto está relacionado al tipo que más se consuma en determinado sector. Para la clasificación los agricultores se centran en las clases de los tomates que vendrían a estar determinadas por el aspecto que tengan, las dimensiones, y el tipo de coloración que presenten. [1]

3.5 MÉTODOS DE CLASIFICACIÓN DEL TOMATE RIÑÓN

3.5.1 Clasificación tradicional

Este tipo de clasificación se la ejerce principalmente al seleccionar el tomate por su tamaño, dependiendo de las necesidades del mercado o de los criterios de los agricultores que realizan este proceso. En esta actividad se toma en consideración de 3 a 5 clases o rangos de tamaños, todo depende de la entidad. [15]



Figura 3.2. Clasificación manual del tomate. [15]

3.5.2 Clasificación automática

Para la clasificación del tomate riñón de manera automática, principalmente se fundamenta en la utilización de maquinaria industrial, y con un uso limitado de recursos humanos, esta técnica utiliza criterios como: tamaño, color, calidad, peso, etc. Este tipo de métodos es utilizado principalmente por las grandes industrias agrícolas. [16]



Figura 3.3. Clasificación automática del tomate riñón. [16]

3.6 TIPOS DE MÁQUINAS CLASIFICADORAS DE TOMATE RIÑÓN

3.6.1 Máquina clasificadora por tambor giratorio

Este sistema de clasificación se encuentra diseñado para la clasificación de verduras, frutas y hortalizas con forma redonda u oval, tales como tomates riñón, duraznos, frutillas, sandias, manzanas, mandarina, naranjas y tomates de árbol. La máquina de clasificación dispone de una tolva o cinta de alimentación, en donde se coloca la fruta a clasificar, y luego cae en un tambor giratorio, normalmente con curva hacia el exterior, para que la fruta se deslice por su periferia. [15]



Figura 3.4. Clasificadora de frutos mediante tambor giratorio. [15]

3.6.2 Máquina clasificadora de banda transportadora

El siguiente sistema clasificador tiene un transportador de bandas que separa los tomates de diferentes tamaños a medida que viajan por el camino de la máquina, a medida que se van clasificando el producto caerá sobre las cajas. [17]



Figura 3.5. Clasificadora de frutos mediante una banda transportadora. [17]

3.6.3 Máquina calibradora automática con célula fotoeléctrica

La principal característica de esta máquina, es la selección automática de colores mediante fotocélulas, cuya operación consiste en que la fruta se introduce en unos alvéolos ubicados en una cadena en la que su profundidad al pasar por las fotocélulas se expande según el calibre que detecta, y cae en lonas. De esta manera, las dos operaciones de otras máquinas se completan al mismo tiempo, lo que ahorra mucho trabajo. [18]

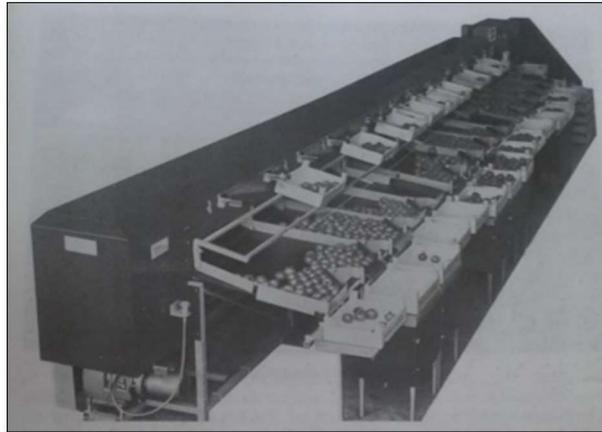


Figura 3.6.Calibradora de frutos mediante célula fotoeléctrica. [18]

3.6.4 Máquina seleccionadora mediante redes neuronales

Cuenta con un sistema para clasificar automáticamente el producto de acuerdo a su forma, color y tamaño. Este sistema está constituido por dos partes: el software que da razón a los algoritmos computacionales utilizados y el hardware que da razón a las partes tanto eléctricas como mecánicas. Dentro del proceso se inicia con la ubicación automática de los productos que se clasificarán. Los productos son dirigidos por una cinta transportadora a un sistema de visión, en el cual cada tomate se lo escanea y se lo designa a un grupo específico, y luego cada producto es arrojado por múltiples actuadores a la bandeja de despacho escogida por la computadora. [16]



Figura 3.7. Clasificadora de frutos mediante redes neuronales. [16]

3.6.5 Máquina clasificadora mediante bandas transportadoras divisoras

La característica de esta máquina es que tiene un sistema de alimentación manual, donde los tomates se colocan en una tolva y se dejan caer por gravedad sobre una cinta transportadora con aberturas cuyos diámetros están calibrados para los diversos tamaños del producto. Cada cinta transportadora y su consiguiente ranura constituyen un módulo, el mismo módulo perteneciente a cada dimensión que se clasificará, estos presentan una mínima inclinación, con ello el producto sin clasificar avanzará al módulo deseado. [18]

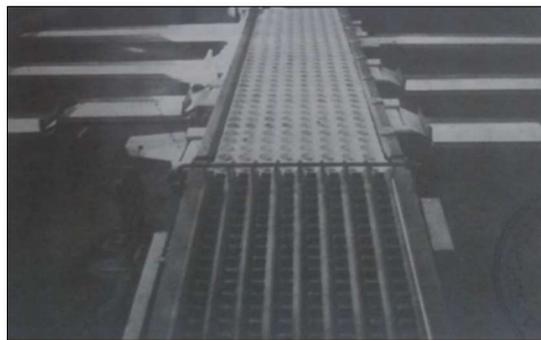


Figura 3.8. Clasificadora de frutos mediante bandas transportadoras divisoras. [18]

3.6.6 Máquina clasificadora de acuerdo a la masa

Esta máquina cuenta con un sistema que a medida que la fruta ingresa a la máquina, avanza a una sucesión de contenedores, los cuales se trasladan al sistema de pesaje. El peso de la fruta al igualar al contrapeso, lo supera y desciende dócilmente sobre la cinta transportadora situada abajo. En tanto el mecanismo de calibre se puede ajustar activando un simple contrapeso. Finalmente, los pequeños frutos son anulados por un transportador en la última parte de la máquina. [18]

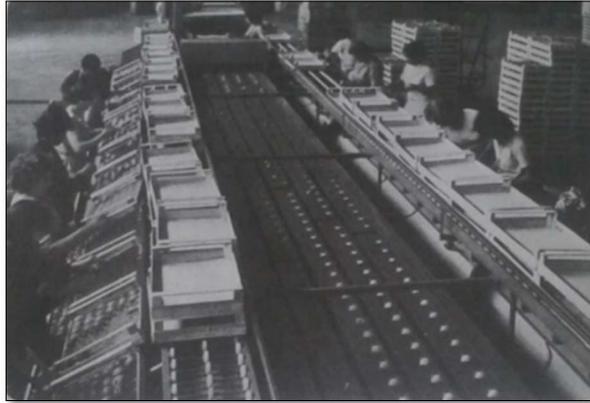


Figura 3.9. Clasificadora de frutos de acuerdo a su masa. [18]

3.7 DISEÑO MECÁNICO

Consiste en diseñar o seleccionar elementos mecánicos para posteriormente ensamblarlos y lograr una función determinada. Por su puesto, las partes de la máquina deben encajar bien y operar de manera segura. Se deben conocer los requerimientos que se solicitan para el desarrollo del proyecto, es decir las necesidades que se buscan solventar, de esta manera se puede diseñar un producto que sea útil y conveniente para los clientes. [19]

3.7.1 Conocimientos que se deben aplicar al diseño de máquinas

Para los procesos de ingeniería se deben tomar en cuenta las capacidades de cada diseñador, mientras más técnicas se tenga a disposición para el desarrollo de mecanismos y máquinas se podrá obtener un trabajo mucho más eficiente y de mejor calidad, podemos enumerar algunas de estas tales como el dibujo técnico y diseño asistido por computadora, propiedades de los materiales, aplicaciones de la pintura, procesos contra la corrosión, resistencia de materiales, análisis de esfuerzos, conocimientos en transmisión de bandas y cadenas, ejes, soldaduras, motores eléctricos, etc. [19]

3.8 ELEMENTOS DE LA MÁQUINA CON SISTEMA DE CLASIFICACIÓN POR EJES.

A continuación, se describirán las partes con las que constará la máquina clasificadora de tomate, teniendo en cuenta los criterios de diseño de ingeniería.

Tabla 3.3. Características de la estructura.

COMPONENTES DE LA MÁQUINA	DESCRIPCIÓN
Materiales	Para la selección de los materiales se deben considerar varios aspectos, tales como el precio, las propiedades mecánicas, y la facilidad de mecanizado.
Estructura principal de la máquina	Esta debe tener un diseño que brinde un soporte adecuado, ya que se va a encargar de sostener los demás componentes de la máquina, reduciendo las fallas en la estructura. Los fallos generalmente son imprevistos como, por ejemplo: una rotura por fatiga, debido a esto un factor importante en la selección del material es su tenacidad y resistencia a la fatiga.
Soldadura	La soldadura permite unir los elementos de la estructura, además de que se puede emplear como recubrimiento a falta de material en alguna zona.
Altura	En este aspecto se consideró la estatura promedio de los agricultores, para que de esta manera puedan vaciar las cajas dentro de la tolva de alimentación sin problemas.
Dimensiones	La máquina no debe ser muy espaciosa y generar incomodidad en el sitio en donde va a utilizarse, con lo cual se ha considerado que la primera sección de clasificación sea la más larga, ya que en esta van a caer todos los tamaños del tomate riñón, con esto se evitará una acumulación que obstaculice su distribución. La siguiente sección tendrá una diferencia en su altura y largo.

3.8.1 Estructura

Como parte encargada de soportar y sostener todos los detalles o partes de la máquina, el material del que está hecha la estructura debe ser capaz de resistir con precisión la tensión, la deformación y la vibración. También debe cumplir las funciones de controlar o dirigir el movimiento del cuerpo, así como resistir la abrasión (debido al contacto entre materiales) y otras propiedades no esenciales como aspectos relacionados con la estética. [20]

3.8.2 Planchas metálicas

Son placas fabricadas de acero negro, acero inoxidable o galvanizado, dependiendo del material y grosor se pueden usar en aplicaciones como el recubrimiento de máquinas industriales, así como en la construcción de puentes, edificios y plataformas.

3.8.3 Tolva de alimentación

La tolva de alimentación del sistema está diseñada con referencia a las cajas que se requieren

clasificar en un tiempo determinado, de manera que un operador debe estar pendiente del flujo del tomate, es decir, este método depende de que los agricultores estén pendientes del trabajo que realiza la máquina. El operador debe saber que a la máquina le queda suficiente espacio en las secciones clasificadoras para así seguir colocando más tomate, por lo tanto, no se desperdicia ni el tiempo ni la eficiencia de la máquina. [21]

3.8.4 Ejes

Este es un elemento que tiene diversas dimensiones, no trasfiere torque y se lo utiliza para resistir piezas que giran sobre él. La mayoría de estos están hechos de acero con un mínimo de carbono en su composición. [22]

3.8.5 Motor Eléctrico

Se encarga de proporcionar energía mecánica a base de energía eléctrica, que sirve para activar otros aparatos, pueden funcionar con corriente alterna o continua dependiendo de los requerimientos, dentro de sus características podemos encontrar:

- Suministro de potencia en el eje.
- Voltaje.
- Intensidad de corriente.
- Frecuencia entre 50 a 60 Hz.
- Factor de potencia.
- Velocidad nominal.
- Torque.

Tabla 3.4. Ventajas y desventajas de un motor eléctrico.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
-No producen gases tóxicos. -No emite mucho ruido a comparación de motores de combustión. -No son muy espaciosos. -Tienen mejor eficiencia que un motor de combustión.	-Si se necesita utilizar un motor en lugares donde no se disponga de energía eléctrica, no se podrá ponerlo en marcha.

3.8.6 Transmisión de potencia por poleas de diferentes diámetros

Están constituidas por poleas, correas y bandas, este tipo de sistema de transmisión tiene como mínimo dos poleas y tienen un eje independiente, estos ejes están separados a una determinada distancia, estas poleas se acoplan por medio de una banda o una correa. [23]

Tabla 3.5. Elementos del sistema de poleas.

Elementos del sistema de transmisión por poleas	
Poleas	<ul style="list-style-type: none">-Conductora-Conducida-Elemento de transferencia (enlace de las poleas tales como bandas, correas dentadas)

La banda o correa es la encargada de transferir el movimiento, este es un elemento elástico y flexible, su función es impulsar al sistema de poleas logrando de esta manera transmitir fuerza tangencial a su vez emitiendo una velocidad rotacional. [23]

Tabla 3.6. Ventajas y desventajas del sistema de transmisión por poleas.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none">-Es silenciosa-Baja en vibración-Instalación Simple-Bajo costo-Fácil mantenimiento-Permite transmitir potencia en grandes distancias-Alta eficiencia	<ul style="list-style-type: none">-Puede patinar.-Baja eficiencia de transmisión.-Su vida útil es corta.

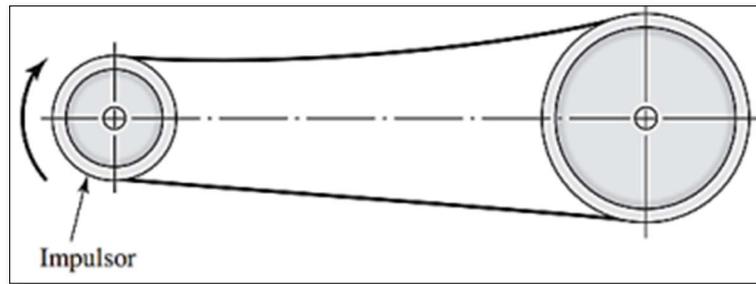


Figura 3.10. Sistema de transmisión por poleas de diversos diámetros. [22]

3.8.6.1 Transmisión compuesta

Consiste en la conexión de varias poleas de diferentes diámetros, son utilizadas para reducir un alto número de RPM logrando la relación de velocidad que se requiere aplicar en un sistema, utilizando la denominada polea motriz y la polea conducida, esto se lo realiza sin la necesidad de usar bandas o correas de grandes dimensiones.

Esta transmisión se diferencia del resto ya que tiene de tres ejes a más, a su vez posee en su estructura más de una polea conducida con sus respectivos ejes. [24]

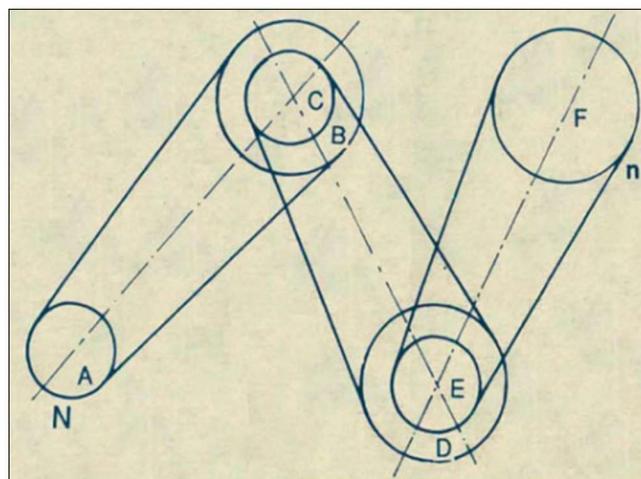
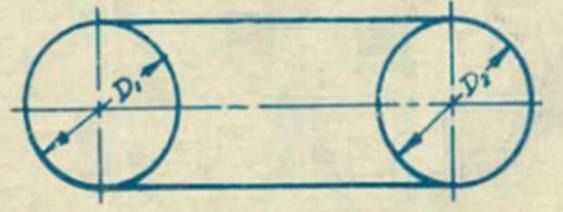
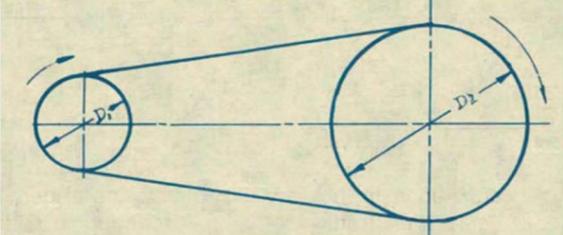


Figura 3.11. Transmisión compuesta (tren de poleas). [24]

Tabla 3.7. Tipos de transmisión por poleas. [24]

Figura	Descripción
	<p>Los diámetros de las poleas son iguales, se transfiere la misma velocidad.</p>
	<p>Los diámetros de las poleas no son iguales, se transfiere diferente velocidad.</p>

3.8.7 Catalina

Este es un elemento utilizado en los sistemas de transmisión ya sea como conductor o conducido, el cual puede formar un solo cuerpo descrito como eje-piñón, es empleado en máquinas cortadoras, troqueladoras, etc. Son ruedas dentadas en su parte exterior lo que permite que se adapte a cadenas para formar parte de un sistema de tracción. [25]

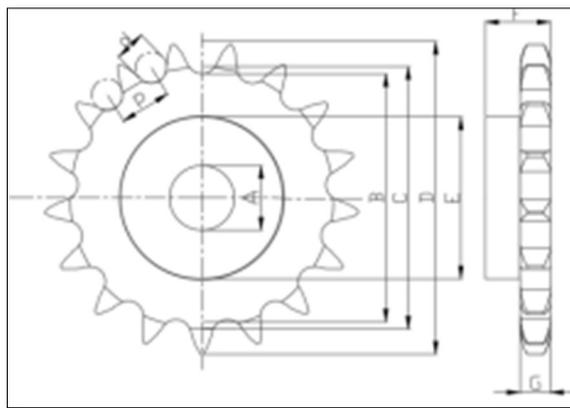


Figura 3.12. Estructura de un catalina. [26]

3.8.8 Cadenas

Las cadenas están constituidas por pasadores, rodillos, y eslabones, estas poseen aberturas en cada junta lo que hará que se acoplen a los piñones o catalinas, pueden trabajar a temperaturas elevadas y su desempeño es más eficiente a bajas velocidades.

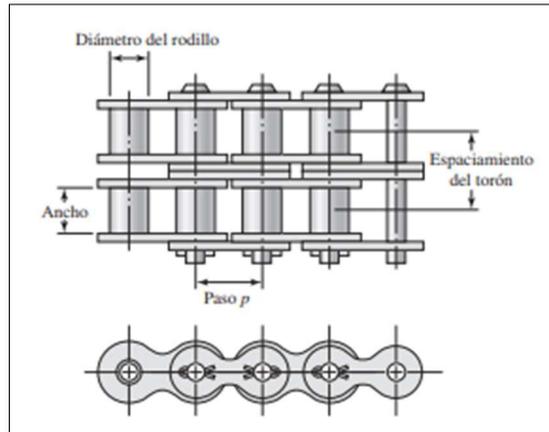


Figura 3.13. Estructura de una cadena. [22]

3.8.9 Sistema de transmisión por cadenas

Transfiere los HP (caballos de fuerza) del motor al sistema, según la aplicación en la que se utilice. Podemos encontrar varios tipos de transmisión de potencia en las industrias y maquinaria. El giro de los eslabones ocasiona tracción entre los rodillos y la catalina. En la velocidad de la transmisión constituida por cadena-catalina influyen el número de dientes de la catalina, las cadenas de rodillos son muy resistentes y sus posibles fallas de funcionamiento son mínimas.

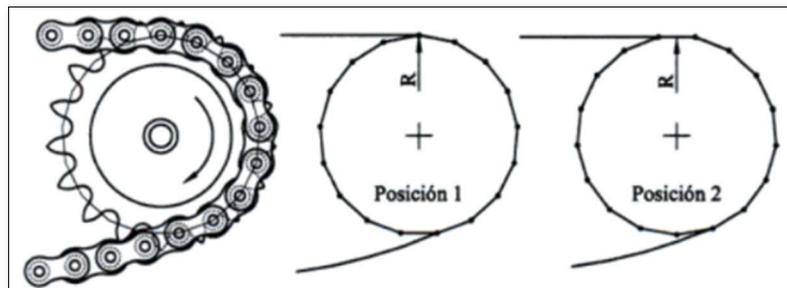


Figura 3.14. Sistema de transmisión cadena-catalina. [27]

3.8.10 Chumaceras

Sirven de soporte para los rodamientos, están constituidos de acero, dependiendo del tipo de chumacera existen distintas variedades en su composición mecánica, se pueden encontrar varios tipos para distintas aplicaciones. [19]

Tabla 3.8. Tipos de chumaceras. [19]

CHUMACERA	FIGURA
Chumacera de piso con ajuste de dos tornillos.	
Chumacera de brida para 4 tornillos	
Chumacera de compensación	

3.8.11 Rodamientos

Son dispositivos que giran sobre su propia posición, este dispositivo es el encargado de disminuir la fricción entre los elementos de una máquina, permiten el movimiento de los ejes. A nivel nacional existen un sin número de rodamientos tales como de carga axial, radial, etc.

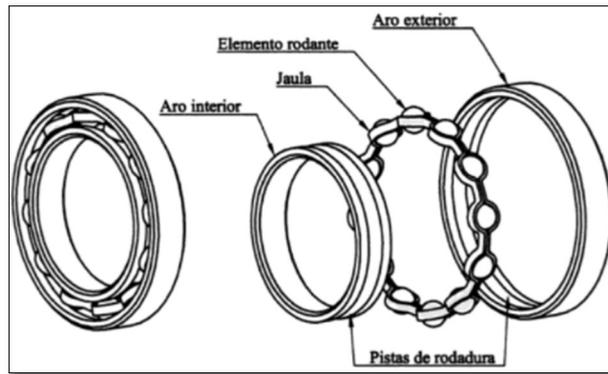


Figura 3.15. Estructura de un rodamiento. [27]

3.8.12 Eje motriz

Este elemento está acoplado con los piñones, el eje motriz está ubicado en los extremos del sistema de transmisión, y sostenido por las chumaceras, este eje obtiene el movimiento llanamente del motor. [6]

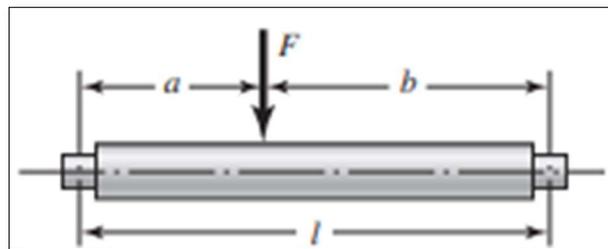


Figura 3.16. Eje motriz. [22]

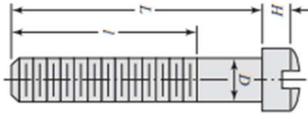
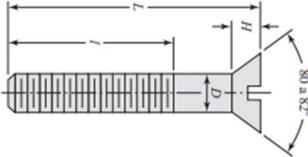
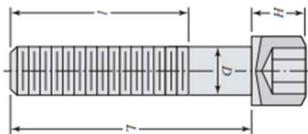
3.8.13 Arandelas

Es una placa redonda que tiene un orificio por la mitad. Estas se las emplea en conjunto con el perno, sirve para evadir la fricción entre dos piezas. Una de sus principales funciones es ajustar un cierre que soporte una carga de compresión.

3.8.14 Pernos

Es el encargado de conectar varios elementos, el perno se apretará cuando se ajuste la tuerca, de esta manera se conectarán las piezas que se requieran. Son producidos de acero de diferentes durezas. [22]

Tabla 3.9. Tipos de pernos. [22]

TIPOS	FIGURA
<p>CABEZA CILÍNDRICA RANURADA</p>	
<p>CABEZA PLANA</p>	
<p>CABEZA HUECA HEXAGONAL</p>	

3.9 SISTEMAS COMPUTACIONALES PARA EL DISEÑO MECÁNICO CAD/CAE

3.9.1 Sistemas CAD

Son herramientas que aportan en el diseño inicial de elementos mecánicos, así como en cálculos, modelación y simulación. El dibujo asistido por computadora permite al usuario realizar gráficas con sus respectivos análisis. [28]

3.9.2 Sistemas CAE

Por sus siglas en inglés (Computer Aided Engineering) es un sistema el cual nos da paso a un estudio de varios fenómenos en mecanismos o materiales con el objetivo de realizar pruebas y simulaciones antes de su construcción. En el diseño de ingeniería se aplican bosquejos de gráficos, análisis estructurales, análisis por elementos finitos y a su vez la comprobación del comportamiento de los elementos que se implementan. [28]

3.10 MATERIALES UTILIZADOS EN LA INDUSTRIA DE MECANIZADO

3.10.1 Acero ASTM A36

Es una aleación de acero al carbono, debido a sus propiedades es muy práctico en la soldabilidad, de uso común en la construcción e industria, abarcando desde aplicaciones simples hasta maquinaria y mecanismos completos.

3.10.2 Acero AISI 304

Es una clasificación de aceros resistentes a la corrosión que podría provocarse por el ambiente y otros aspectos tales como el agua, y ácidos, este acero se usa comúnmente para fabricar ejes, es un acero con bajo carbono, contiene altos niveles de cromo y níquel, es de fácil maquinado, lo que nos dice que es excelente para aplicaciones de diseño de elementos de máquinas. Una de sus características es que no es un material magnético. Es ideal para el manejo de alimentos.

3.10.3 Pintura anticorrosiva (Epóxica)

Este elemento sirve como una capa protectora para el metal en el que se lo aplique, también evita que se oxide el material. Tiene una alta dureza y resistencia mecánica, usualmente se lo aplica en clínicas, laboratorios, cocinas, baños, gimnasios, consultorios, jardines infantiles, restaurantes y en lugares en donde se requiera máxima higiene. [29]



Figura 3.17. Pintura epóxica. [29]

3.10.4 Sistema eléctrico

Este es un sistema que se encarga del accionamiento de la máquina, está constituido por el motor, contactor, fusibles, pulsadores, cables conductores. En la mayoría de casos este tipo de sistemas está alimentado por un voltaje de 110 a 220.

Tabla 3.10. Elementos de un sistema de control eléctrico.

Componente	Figura
Contactor	
Pulsadores	
Motor eléctrico	

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 MÉTODOS EMPLEADOS EN EL PROYECTO

4.1.1 Método científico

Con la recolección de información utilizada para procesar datos del invernadero situado en la parroquia Yanayacu del cantón Salcedo, en donde se realizó el análisis de valores que se encuentran en la parte de la clasificación del tomate riñón, se sabrá cuántas cajas producen en un determinado tiempo los agricultores del lugar, de esta manera se interpreta un contexto relacionado a la obtención de resultados.

4.1.2 Método deductivo

Con el análisis de diferentes literaturas se obtuvieron conclusiones que se relacionan al proyecto que se desarrolló, esta información podría ser de artículos, revistas, libros e inclusive de tesis,

teniendo así un panorama más claro al momento de diseñar y elegir los componentes de una máquina que se desempeñará en el sector agrícola.

4.2 TIPOS DE INVESTIGACIÓN EMPLEADOS EN EL PROYECTO

4.2.1 Investigación bibliográfica

Se buscó información en textos que se relacionen al diseño de elementos de máquinas, en donde se abarcan cálculos y criterios de ingeniería que servirán de mucha ayuda cuando se analicen las estructuras que se ensamblarán, con el fin de obtener un producto eficiente y que cumpla con las expectativas planteadas.

4.2.2 Investigación experimental

En este aspecto se analizan todos los datos que se obtuvieron en el proceso de construcción de la máquina que está destinada a clasificar el tomate, las variables a considerar son el tiempo de clasificación, los kilogramos que se producirán en un determinado tiempo y la velocidad a la que debe moverse el sistema de clasificación de la máquina.

4.3 CARACTERÍSTICAS QUE DEBE TENER LA MÁQUINA

La máquina debe presentar una estructura que sea resistente, de tal manera que soporte las cargas a la que será sometida dependiendo de los kilos de tomate riñón que se le suministre a la máquina en cada tanda de clasificación, la tolva tiene que ser espaciosa para que se logre vaciar las cajas de tomate con facilidad logrando así que el producto se distribuya de manera óptima.

En la parte de la operabilidad de la máquina, se constará de un interruptor que acciona el sistema de clasificación y de otro que servirá para desactivar o apagar la máquina. Se considera construir la máquina con materiales que sean asequibles y que puedan ser encontrados en el mercado nacional y local sin mayor dificultad, a su vez resistentes y que vayan acorde al presupuesto de los agricultores del sector, la máquina también debe contar con un fácil montaje y desmontaje de sus partes, sencillo mantenimiento de los mismos y proporcionar seguridad para el operario.

Tabla 4.1. Análisis de los requerimientos de la máquina.

CARACTERÍSTICAS	DESCRIPCIÓN
Resistencia	La estructura debe soportar de una manera adecuada el peso de los tomates a clasificar.
Funcionalidad	Debe ser fácil de utilizar
Portabilidad	Para poder transportar la máquina se empleará un sistema desmontable por secciones.
Eficiencia	La máquina está diseñada para facilitar el trabajo de clasificación de tomate riñón, logrando así una reducción de esfuerzo en los agricultores.
Costo	El costo total de la máquina debe ser accesible.

4.4 ANÁLISIS DE LOS TAMAÑOS DEL TOMATE RIÑÓN PIETRO

Como se mencionó existen una gran variedad de tomates riñón que se cultivan en el país, este proyecto de titulación está enfocado en la variedad Pietro que es un tipo de cultivo que se produce en el lugar donde se implementará la máquina.



Figura 4.1. Tomate de 59 mm de diámetro.



Figura 4.2. Tomate de 79 mm de diámetro.



Figura 4.3. Tomate 97 de mm de diámetro.

Tabla 4.2. Características físicas del tomate Pietro en la plantación de Yanayacu.

CLASE	DIÁMETRO MAYOR	ALTURA	MASA APROXIMADA
Primera	Grande mayores que 80 hasta 97 (mm)	De 60 y mayores que 60	Entre 178 y mayores que 245 (gr)
Segunda	Mediano de 60 a 79 (mm)	De 53 a 59 (mm)	Entre 151 y 177 (gr)
Tercera	Pequeño de 59 a menos (mm)	De 44 a 52 (mm)	Entre 135 y 150 (gr)

4.5 ANÁLISIS FUNCIONAL DE LA MÁQUINA

La máquina clasificadora está constituida básicamente de un sistema de alimentación que es donde un operario debe descargar las cajas de tomate, logrando que estos caigan en las secciones de clasificación de una manera ordenada.

El mecanismo de clasificación de la máquina está diseñado para seleccionar 3 clases de tomates, el sistema de clasificación consta de ejes que se acoplaron a una cadena que van a hacer la función de una banda transportadora.

Como primera instancia se procede a la puesta en marcha de la máquina, el motor convertirá la energía eléctrica en energía mecánica, luego se procede a ingresar el tomate riñón que finalmente será clasificado en 3 clases de diferentes tamaños.

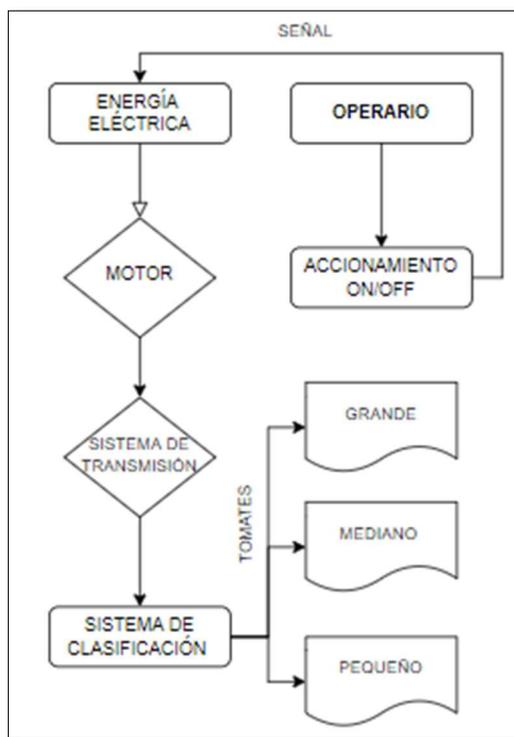


Figura 4.4. Diagrama de funcionamiento del sistema de clasificación de la máquina.

4.6 DETERMINACIÓN DEL TIPO DE MÁQUINA

Para la elección del tipo de máquina se realizó el método de evaluación de soluciones, según [20] se consideraron los siguientes parámetros.

Alternativas

- Máquina clasificadora con tambor giratorio = MCTG.
- Máquina clasificadora por ejes = MCE.
- Máquina calibradora automática con célula fotoeléctrica= MCACF.
- Máquina seleccionadora mediante redes neuronales = MSRN.
- Máquina clasificadora mediante bandas transportadoras divisoras= MCBTD.
- Máquina clasificadora de acuerdo a la masa = MCAM.

Criterios

- 1) Clasificación por tamaño.
- 2) Sencilla operación.
- 3) Costo asequible.
- 4) Construida con materiales existentes en el mercado nacional.
- 5) Fácil montaje y desmontaje de sus partes.
- 6) Seguridad en la operación.
- 7) Sencillo mantenimiento.

Jerarquización de criterios

Para la jerarquización de criterios se lo plantea de la siguiente forma:

$$1 > 2 = 3 > 4 > 5 = 6 > 7$$

Valorización para los criterios

1 si el criterio de las filas es superior (o mejor; >) que el expuesto en las columnas.

0.5 si el criterio de las filas es similar (o igual; =) que el expuesto en las columnas.

0 si el criterio de las filas es inferior (o peor; <) que el expuesto en las columnas.

Nota: Las tablas de evaluación de situaciones se encuentran en los anexos.

Tabla 4.3. Evaluación de todos los criterios según el tipo de máquina.

Criterio	Clasificación por tamaño	Sencilla operación	Costo asequible	Construida con materiales existentes en el mercado nacional	Fácil montaje y desmontaje de sus partes	Seguridad en la operación	Sencillo mantenimiento	$\Sigma+1$	Ponderado
Máquina clasificadora con tambor giratorio	0.0525	0.02	0.036	0.048	0.021	0.004	0.007	1.1885	0.1698
Máquina clasificadora por ejes	0.0525	0.05	0.036	0.048	0.025	0.013	0.007	1.2315	0.1760
Maquina calibradora automática con célula fotoeléctrica	0.020	0.04	0.013	0.020	0.008	0.022	0.002	1.1250	0.1607
Maquina seleccionadora mediante redes neuronales	0.020	0.01	0.007	0.008	0.004	0.025	0.003	1.0770	0.1538
Maquina clasificadora mediante bandas transportadoras divisoras	0.0525	0.05	0.020	0.028	0.012	0.013	0.004	1.1795	0.1685
Maquina clasificadora de acuerdo a la masa	0.0525	0.03	0.028	0.048	0.020	0.013	0.007	1.1985	0.1712
TOTAL								7.0000	1.0000

Después de este análisis de criterios aplicando el método de evaluación de soluciones, se logró analizar que la mejor alternativa es la selección de la máquina clasificadora con un sistema de ejes acoplados a una cadena, aquello enmarcado a una división por dimensiones o clases, con una sencilla posibilidad de operación; siendo construida con materiales presentes en el mercado nacional, y con la posibilidad de conseguir los mismos a costos asequibles, además de que sus elementos sean montados y desmontados de forma sencilla y teniendo presente en su construcción la seguridad para los operarios, finalmente posibilitando un sencillo mantenimiento cuando la máquina lo requiera.

4.7 DISEÑO MECÁNICO DE LA MÁQUINA CLASIFICADORA

En esta parte se determinó los materiales de la máquina a construir, los componentes, las medidas y la estructura bajo estándares de ingeniería.

4.7.1 Software SolidWorks versión estudiantil

Para el diseño de la estructura y el respectivo análisis de elementos finitos, se utilizó el Software SolidWorks, que es una herramienta que nos sirvió para poder determinar los respectivos planos para la construcción de los elementos de la máquina, así como determinar los análisis de esfuerzos, desplazamiento, vibración, etc.

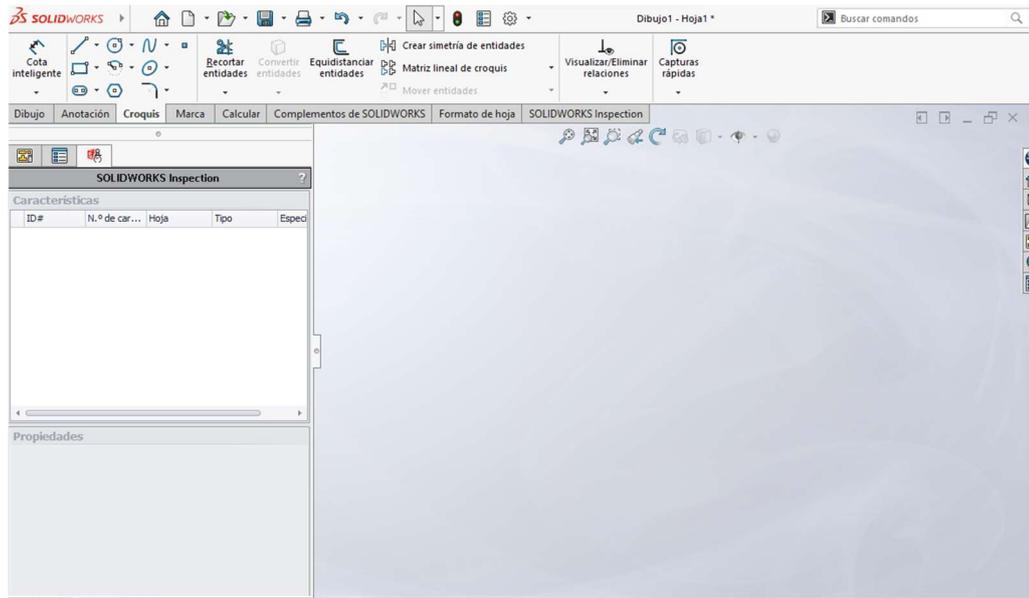


Figura 4.5. Interfaz del software SolidWorks.

4.7.2 Diseño estructural

Para el diseño de la estructura se consideró el material ASTM A36, las propiedades del material se las podrá ver en los anexos. La estructura constará de dos partes que se desplegarán ya que la máquina será desmontable a partir de la segunda sección de clasificación.

El ensamblado de la estructura se lo realizó en tubería cuadrada de 30 x 30 mm x 1.5 mm de acuerdo a los planos, se realizaron los cortes de cada sección.



Figura 4.6. Tubos cortados para la construcción de la estructura.

4.7.2.1 Estructura de la tolva de alimentación de la máquina

Está determinado de acuerdo a la capacidad de producción del tomate en el sector de Yanayacu, en donde se vaciarán cajas de 30 a 40 centímetros de ancho. También se consideró la ergonomía de los agricultores del sector.

4.7.2.2 Estructura de la primera sección de clasificación

Está constituida por la base para la tolva de alimentación, como característica de esta estructura tendrá una caída angular la cual permite que los tomates se deslicen hacia el escogimiento de la primera sección de clasificación, en la parte superior de la estructura va ubicada la tolva, en la parte superior izquierda se realizó el trabajo de la lira de transmisión la cual permite el funcionamiento de la máquina clasificadora.

4.7.2.3 Estructura de la segunda sección de clasificación

De igual manera está construida en tubería cuadrada estructural, en dicha estructura se tiene ubicados los sistemas de chumaceras de piso las cuales sirven para dar movimiento al sistema de cadenas y de ejes de potencia, se tiene un número de ocho chumaceras, se cuenta también con ejes de potencia que soportan la tensión de las cadenas en un número de cuatro. En la parte inferior de la estructura se colocó la base del motor.



Figura 4.7. Estructura uno y dos ensamblada.

Adicionalmente se construyeron unas pequeñas tolvas de salida, las cuales serán el último tramo del sistema de clasificación.

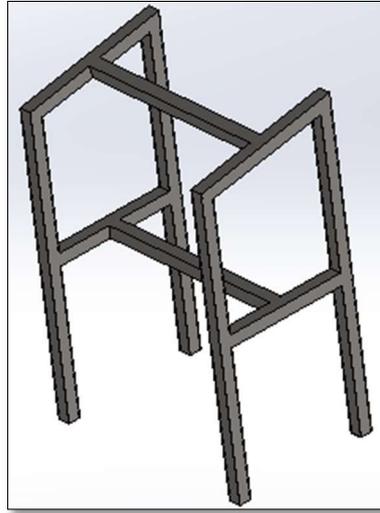


Figura 4.8. Estructura de la tolva de salida.

4.7.3 Planchas metálicas para las tolvas y rampas de la máquina

Se utilizó el material ASTM A36 las propiedades se las puede observar en los anexos, para las planchas que forman parte de las tolvas de alimentación y de salida, para las rampas por donde cae el tomate y para el recubrimiento de la máquina.



Figura 4.9. Planchas de acero ASTM A36 del recubrimiento lateral de la máquina.



Figura 4.10. Tolva de alimentación.

4.7.4 Cálculo de dimensionamiento del motor

En la tabla 4.4, se observan las características del tomate en cuanto a sus dimensiones y peso, dichos datos son de importancia para determinar la potencia que necesita el motor eléctrico para mover a todo el sistema.

4.7.4.1 Determinación de las secciones de clasificación

Se procede a determinar el área de la primera y segunda sección de clasificación con la siguiente ecuación. Esto con la finalidad de verificar la capacidad de tomates que pueden alojar estas etapas de la máquina, tomando de referencia los tomates más grandes.

$$A1 = a * b \quad (4.1)$$

Donde:

A1 = Área de la primera etapa, (mm^2).

A2 = Área de la segunda etapa, (mm^2).

a = Ancho, (mm).

b = Largo, (mm).

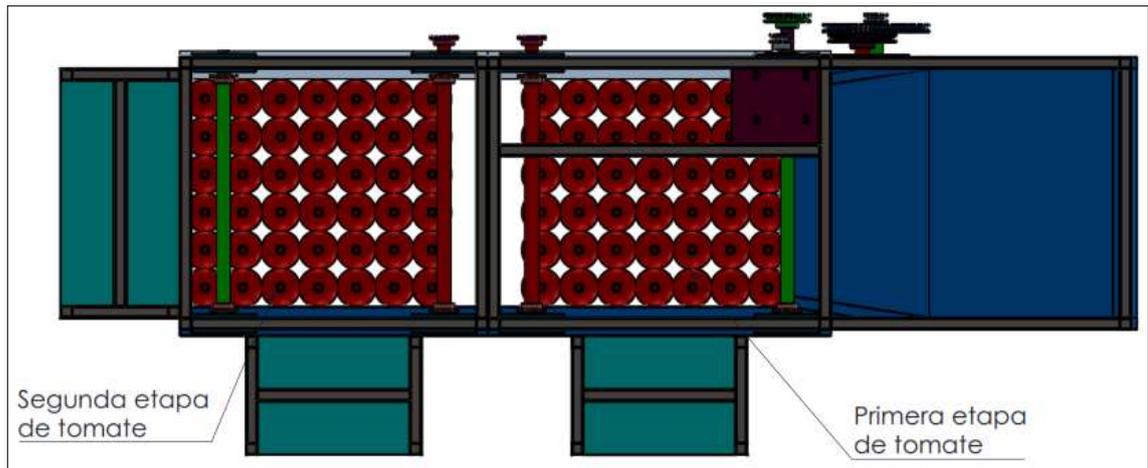


Figura 4.11. Etapas del proceso de clasificación considerando los tomates de 97 mm.

A continuación, mediante la siguiente ecuación se determina el peso total de los tomates que estarían actuando en las secciones 1 y 2.

$$W_{total} = W_{tomate} * N_{total} \quad (4.2)$$

W_{total} = Peso total

W_{tomate} = Peso del tomate

N_{total} = Número de tomates

Mediante la siguiente ecuación, se calcula el trabajo que debe realizar la máquina para mover los tomates que se almacenen en ella teniendo en cuenta que en el caso más crítico son 84.

Primero se determina la fuerza con la siguiente ecuación.

$$F = W_{total} * g \quad (4.3)$$

F= fuerza o peso

W_{total} = peso total

g = gravedad

Con los datos obtenidos se procede a calcular el trabajo que debe realizar la máquina.

$$W_{trabajo} = F * d \quad (4.4)$$

Donde:

$W_{trabajo}$ = Trabajo realizado por la máquina, (Nm)

F = Fuerza o peso a ser transportado, (N)

d = Distancia, (m)

A continuación, se procede a calcular el tiempo de transporte de acuerdo a la velocidad sugerida de 63.5 RPM según [30], la cual debe poseer la clasificadora de tomate como velocidad de salida, ya que tiene que ser baja para que el producto llegue a ser clasificado de forma correcta. Primero se transforma las revoluciones por minuto a radianes por segundo.

Conversión de RPM a rad/seg.

$$\text{RPM} * \left(\frac{2\pi \text{ rad}}{1 \text{ vuelta}} \right) * \left(\frac{1 \text{ min}}{60 \text{ seg}} \right) = \text{rad/seg} \quad (4.5)$$

$$V = \omega * r \quad (4.6)$$

Donde:

V = Velocidad lineal, (m/s)

ω = Velocidad angular, (rad/s)

r = Radio del componente mecánico, (m)

Mediante la siguiente ecuación, se determina el tiempo que se demora en transportar el tomate desde la entrada hasta el final del proceso de clasificación.

$$t = \frac{d}{V} \quad (4.7)$$

Donde:

t = Tiempo, (s).

d = Distancia, (m)

V = Velocidad lineal, (m/s)

Finalmente, mediante el cálculo anteriormente realizado, se procede a determinar la potencia del motor que debe ser implementado en la máquina clasificadora de tomate para que esta funcione correctamente. A continuación, haciendo uso de la siguiente ecuación se determina dicha potencia.

$$P = \frac{W_{trabajo}}{t} \quad (4.8)$$

Donde:

P = Potencia del motor, [W]

t = Tiempo, [s]

$W_{trabajo}$ = Trabajo realizado por la máquina, [Nm]

4.7.5 Cálculo de los parámetros de producción

Uno de los principales parámetros para el diseño de la máquina será la producción la cual está determinada por el número de tomates que caigan en cada sección en un lapso tiempo.

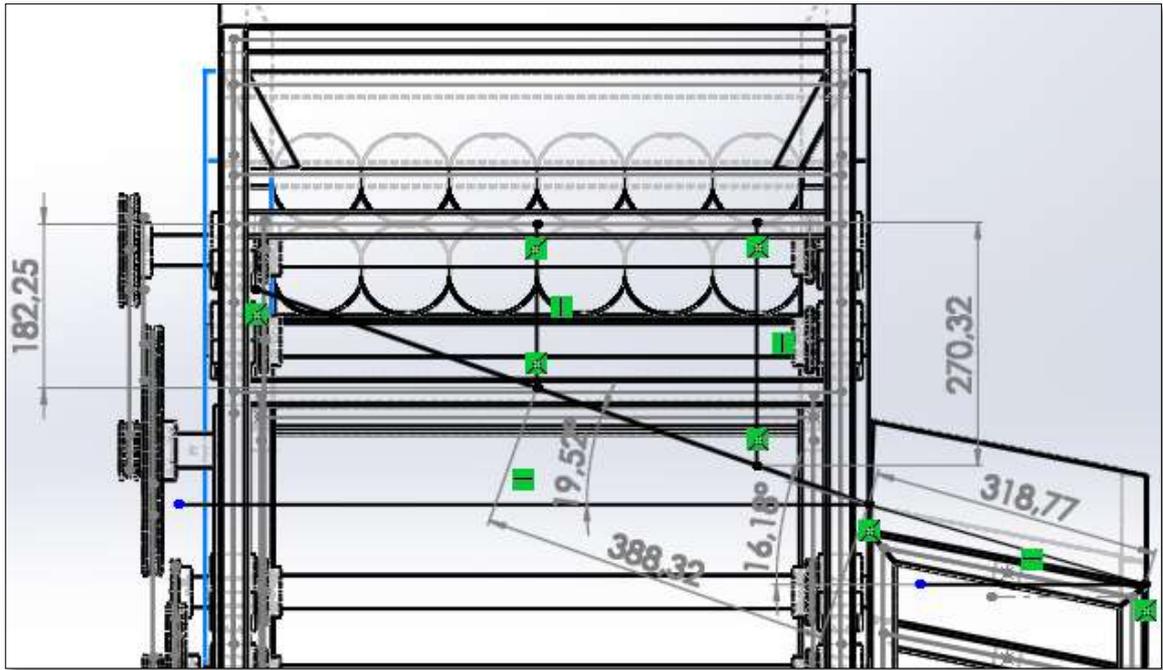


Figura 4.12. Ángulos de caída de las salidas respectivas en las secciones clasificadoras.

Aplicando la siguiente ecuación, se procede a calcular la velocidad del tomate contra la tolva que está conectada a la caja de almacenamiento del producto.

$$V_{caida} = \sqrt{2gh} \quad (4.9)$$

V_{caida} = Velocidad de caída, (m/s)

h = Altura, (m)

4.7.5.1 Cálculo de tiempo de caída del tomate a la rampa

Mediante el reemplazo de la siguiente ecuación, se determina el tiempo en que el tomate cae hasta la rampa.

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}} \quad (4.10)$$

Donde:

t = Tiempo de impacto del tomate a la rampa, [s]

h = Altura, [m]

g = Gravedad, [$\frac{m}{s^2}$]

Ecuación para determinar la velocidad final.

$$Vf^2 = Vo^2 + 2ad \quad (4.11)$$

Donde:

Vf = Velocidad final, (m/s)

Vo = Velocidad inicial, (m/s)

a = Aceleración, ($\frac{m}{s^2}$)

d = Distancia, (m)

Ecuación para el cálculo del tiempo

$$t_f = \frac{2d}{Vf_t + Vo} \quad (4.12)$$

Donde:

t = Tiempo

d = distancia

Vf = Velocidad Final

4.7.5.2 Tiempo de llenado de tomates de cada etapa

Se aplica la ecuación (4.11) con los datos correspondientes de la sección en la que se está aplicando el análisis.

Posteriormente se realiza una sumatoria de los tiempos obtenidos anteriormente.

$$T_t = \sum t_n \quad (4.13)$$

T_t = tiempo total

$$\sum t_n = \text{sumatoria de tiempos obtenidos}$$

4.7.6 Sistema de transmisión

Para los elementos que conforman el sistema de transmisión se aplicó un conjunto de poleas tipo “A” que reducen las revoluciones iniciales del motor, también tiene ejes de acero inoxidable AISI 304 el cual es un material de fácil mecanizado, resistente a la torsión, a la corrosión, este material será eficiente para las cargas a las que será sometido en este proyecto, las propiedades se las podrá observar en los anexos, también se usaron catalinas, chumaceras y cadenas. Para poder templar las bandas se colocó una placa con ojos chinos que servirán para regular el ajuste.

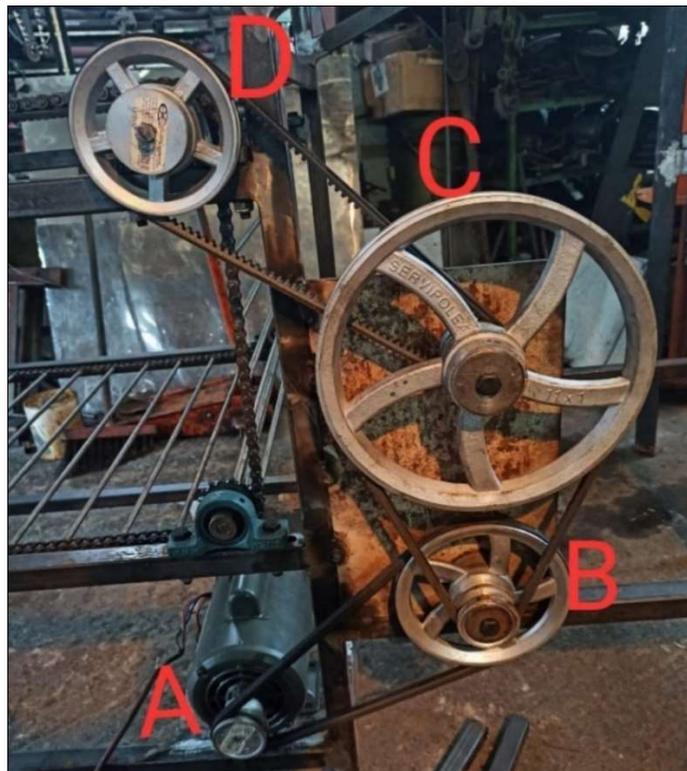


Figura 4.13. Sistema de transmisión de la máquina clasificadora (tren de poleas).

Tabla 4.4. Diámetros de las poleas.

Poleas	Diámetros (milímetros)
A	60
B	175
C	274
D	122

4.7.6.1 Selección de las poleas

En este caso las poleas cumplen con la función de reducir las 1720 RPM del motor, se conectan con bandas, las mismas que tienen una gran flexibilidad, su sistema consiste en la transmisión de potencia a través de poleas que tienen diferentes diámetros conectados entre sí, están clasificadas principalmente por poleas motrices y poleas conducidas.

Se toma en cuenta que son inversamente proporcionales cuando se habla de velocidad ya que la polea conductora y la polea conducida tienen diferentes diámetros. Para calcular la velocidad aplicando este sistema se utiliza la siguiente ecuación.

$$\omega_2 = \frac{D_1 * \omega_1}{D_2} \quad (4.14)$$

Donde:

$\omega_1 =$ *velocidad inicial [RPM]*

$\omega_2 =$ *velocidad de la polea conducida [RPM]*

$D_1 =$ *Diámetro de la polea conductora*

$D_2 =$ *Diámetro de la polea conducida*

4.7.6.2 Cálculo de la longitud de la banda

Para calcular las dimensiones que deben tener las bandas que conectan las poleas se aplican las siguientes ecuaciones.

$$L = 2C + \frac{\pi}{2}(D_1 + D_2) + \frac{(D_2 - D_1)^2}{4C} \quad (4.15)$$

Donde:

L = longitud de la banda [mm]

C = distancia entre centros [mm]

D_1 = diámetro polea menor [mm]

D_2 = diámetro polea mayor [mm]

4.7.7 Cálculo del eje motriz

Para realizar el diseño de ejes motrices se tuvo en consideración varios aspectos como en este caso es el torque que se produce en el mismo, la velocidad angular a la cual va a estar girando y las fuerzas que actúan sobre el mismo en estados estáticos y dinámicos. Por lo tanto, se deberán emplear las ecuaciones mencionadas a continuación.

El torque del eje motriz se lo calcula con la siguiente ecuación.

$$T = \frac{P}{\omega} \quad (4.16)$$

P = potencia [watts]

ω = velocidad angular [RPM]

T = Torque [Nm]

Ecuación para calcular la fuerza neta.

$$F_n = \frac{T}{r} \quad (4.17)$$

Dónde:

T = Torque [N * m]

F_n = Fuerza neta [N]

$r = \text{radio [m]}$

Ecuación para calcular la fuerza de flexión

$$F_{sA} = 1.5 * F_n \quad (4.18)$$

Donde:

$F_{sA} = \text{Fuerza de flexión [N]}$

$F_n = \text{Fuerza neta [N]}$

4.7.7.1 Diagrama de cuerpo libre

De acuerdo al dimensionamiento de flechas se realizó un análisis estático para el cual se procede a elaborar o graficar un diagrama de cuerpo libre, en dicho diagrama están contempladas las fuerzas y reacciones que actúan sobre el eje a ser analizado. Además cabe recalcar que el análisis debe encontrarse en equilibrio.

4.7.7.2 Cálculo del límite de resistencia

Para este cálculo se toma el valor de la resistencia a la tracción del material del eje el cual se lo obtiene de la tabla de propiedades mecánicas del acero AISI 304, se lo puede encontrar en los anexos.

$$S_e' = 0.5 * S_{ut} \quad (4.19)$$

Donde:

$S_e' = \text{límite de resistencia}$

$S_{ut} = \text{resistencia a la fluencia del material [MPa]}$

4.7.7.3 Con la siguiente ecuación se procederá a calcular el límite de resistencia a la fatiga

$$S_e = k_a * k_b * k_c * k_d * k_e * S_e' \quad (4.20)$$

Donde:

S_e = Esfuerzo de tracción [Pa]

k_a = Factor de superficie

k_b = Factor de modificación del tamaño

k_c = Factor de carga (torsión)

k_d = Factor de temperatura

k_e = Factor de confiabilidad

S_e' = límite de resistencia

Cálculo del factor de superficie K_a

$$k_a = a(S_{ut})^b \quad (4.21)$$

k_a = Factor de superficie

4.8 CÁLCULO DEL RADIO DE LA MUESCA (REDONDEOS DE LOS EJES)

Cálculo del diámetro

Ecuación para calcular la flexión.

$$K_f = 1 + q(K_t - 1) \quad (4.22)$$

Ecuación para calcular la torsión.

$$K_{fS} = 1 + q(K_t - 1) \quad (4.23)$$

Ecuación para calcular el diámetro.

$$d = \sqrt[3]{\frac{16n}{\pi} \left(\frac{1}{S_e} \sqrt{[4(K_f * M_a)^2 + 3(K_{fs} * T_a)^2]} \right)} \quad (4.24)$$

d= diámetro del eje(mm)

n= factor de seguridad

Se= resistencia a la fatiga

Ma= momento

Kfs= torsión

Ta= torque

Cálculo de las catalinas

$$N = \frac{2 * C}{p} + \frac{z_1 + z_2}{2} + \frac{p(z_1 + z_2)^2}{40 * C} \quad (4.25)$$

Donde:

N= Número de eslabones

P= Paso

C= Distancia entre centros

z₁= número de dientes de la catalina 1

z₂= número de dientes de la catalina 2

4.8.1 Rodamientos

Para elegir rodamientos se utilizará el catálogo FAG, por ello se emplearán cálculos para determinar y verificar que el dimensionamiento de los mismos es el indicado. Existen factores que influyen en los rodamientos tales como los parámetros de tolerancia y el diseño, también se debe considerar las velocidades a las que actuará.

Con la siguiente ecuación se verificará el comportamiento del rodamiento sometido a cargas radiales.

$$P_o = X * F_r + Y * F_a \quad (4.26)$$

Donde:

P = Carga equivalente [KN]

F_r = Carga radial [KN]

F_a = Carga Axial [KN]

X = Factor radial

Y = Factor axial

4.8.2 Sistema de clasificación

Para este sistema se acoplarán ejes de 8 mm de diámetro de acero inoxidable AISI 304 que es apto para el manejo de alimentos, se deberá torneear las puntas de los ejes para obtener el diámetro exacto que encaje en la cadena ya que se acoplarán en las mismas retirando los pasadores de los eslabones respectivos, obteniendo la distancia entre ejes respectiva que se requiere para que caigan los tomates de cada tamaño en sus respectivas secciones.



Figura 4.14. Eje del sistema de clasificación.



Figura 4.15. Eje acoplado a la cadena.

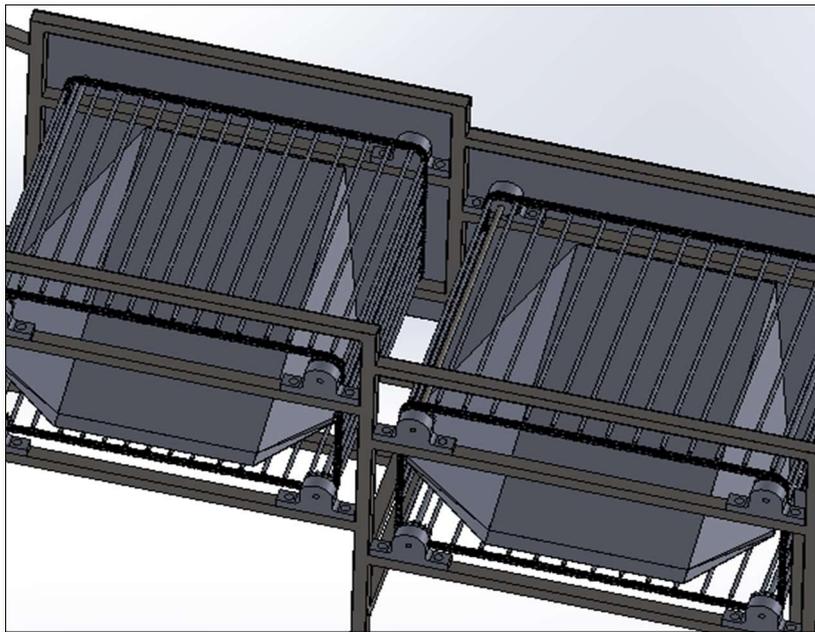


Figura 4.16. Sistema de clasificación por ejes.

4.9 ANÁLISIS CAE

El análisis CAE en este proyecto estará compuesto por la simulación de elementos finitos de la estructura, ejes motrices y catalinas con el objetivo de validar el correcto dimensionamiento de los elementos de la máquina.

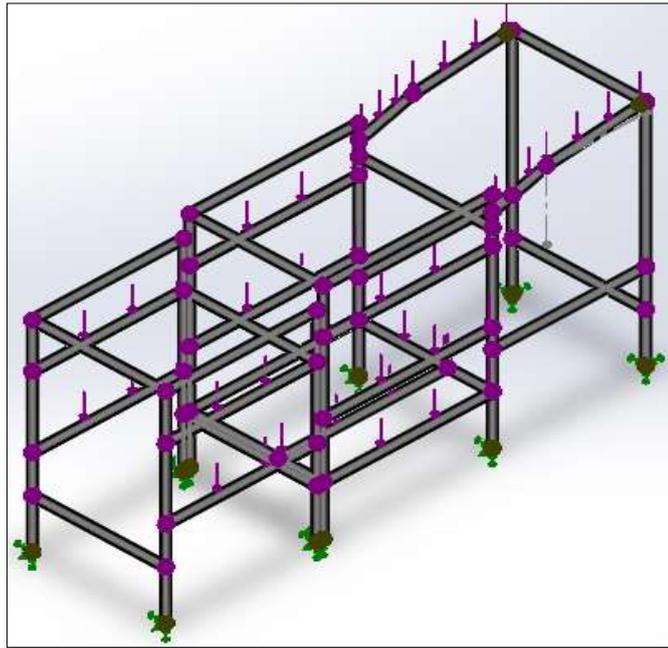


Figura 4.17. Distribución de cargas para el análisis CAE de la estructura.

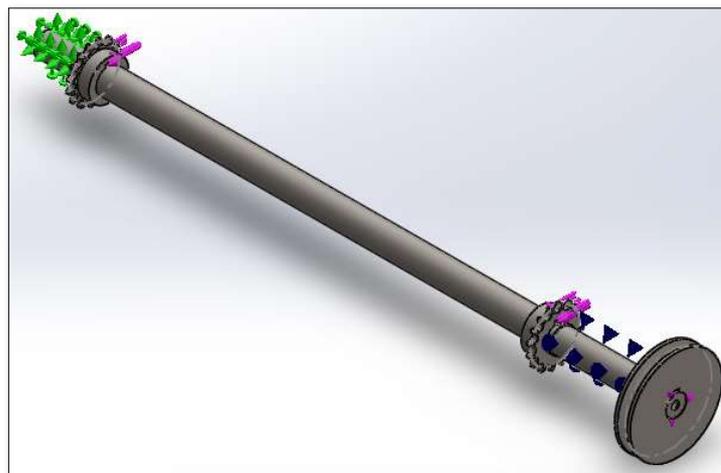


Figura 4.18. Distribución de cargas para el análisis CAE del eje motriz de la primera sección.

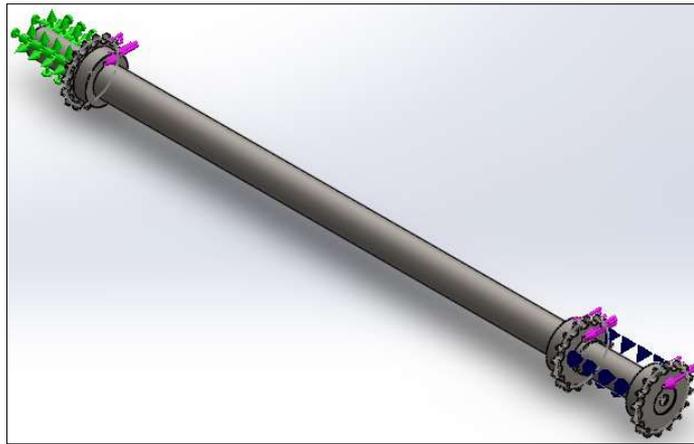


Figura 4.19. Distribución de cargas para el análisis CAE del eje motriz de la segunda sección.

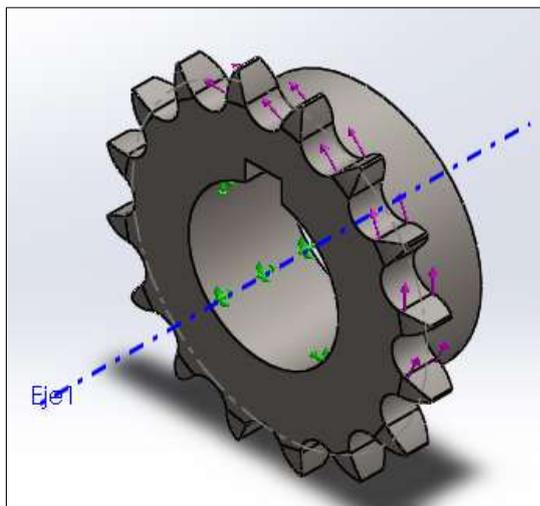


Figura 4.20. Distribución de cargas para el análisis CAE de la catalina.

4.10 DISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO

En esta parte se seleccionará los componentes que conformarán el sistema de arranque de la máquina, dentro de estos elementos podemos encontrar el contactor, el relé térmico, el cable conductor, las protecciones respectivas del circuito y los pulsadores tanto de arranque como de paro.

4.10.1 Dimensionamiento de los componentes del sistema eléctrico

Se tiene un motor bifásico ya que tiene dos fases líneas y neutro, primeramente, se coloca una protección eléctrica, luego se coloca un contactor, y posteriormente un relé térmico.

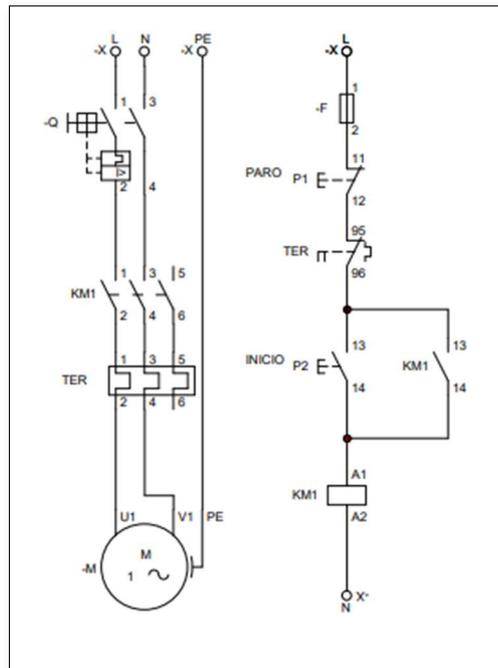


Figura 4.21. Circuito eléctrico de control de la máquina clasificadora.

Para dimensionar la protección eléctrica, el cable y el disyuntor, verificamos la intensidad nominal del motor y la multiplicamos por el factor de dimensionamiento. El resultado de este cálculo se lo busca en los catálogos y se procede a seleccionar el valor del componente que esta más próximo.

4.11 PINTURA

Una vez culminado el ensamble de la máquina se procede a realizar un recubrimiento con pintura de grado alimenticio, la misma que protegerá a los materiales metálicos de la corrosión, evitando de esta manera la transmisión de sustancias tóxicas al producto.

Se colocó una capa de este recubrimiento en la parte donde el tomate tendrá contacto con la superficie metálica.

El tiempo de vida útil de este recubrimiento dependerá de varios aspectos tales como el ambiente, así como de la forma correcta de aplicarlos sobre una superficie determinada.

Este tipo de recubrimiento tiene composiciones de poliuretano que son empleadas para recubrimientos de tanques y depósitos, así como en la protección de superficies en la industria alimenticia. El tiempo estimado de vida útil del producto va desde los 6 hasta los 8 años.

5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

5.1 CÁLCULO DE DIMENSIONAMIENTO DEL MOTOR

Determinación de secciones de clasificación

De acuerdo a la figura 4.11, se observa que la primera etapa llegaría a transportar 42 tomates grandes de 97mm, al igual que en la segunda etapa, teniendo estos valores como los más críticos de todo el proceso, lo que significa que la máquina estaría soportando 84 tomates cada uno con un peso de 245 gramos.

$$A1 = a * b$$

$$A1 = (584\text{mm}) * (685\text{mm})$$

$$\mathbf{A1 = 400040 \text{ mm}^2}$$

$$A2 = a * b$$

$$A2 = (584\text{mm}) * (596\text{mm})$$

$$\mathbf{A2 = 348064 \text{ mm}^2}$$

Cálculo del peso de los tomates en las secciones 1 y 2.

$$W_{total} = W_{tomate} * N_{total}$$

$$W_{total} = (0.245 \text{ Kg}) * (84)$$

$$W_{total} = 20.58 \text{ Kg}$$

$$\mathbf{W_{total} = 201.68 \text{ N}}$$

Trabajo que debe realizar la máquina

Mediante los parámetros de frontera proporcionados en el capítulo anterior, se determinó que el trabajo necesario que necesita la máquina clasificadora de tomates es de 291.43 Nm, teniendo en cuenta que este servirá para la selección del motor.

$$W_{trabajo} = F * d$$

$$W_{trabajo} = (201.68\text{N}) * (1.445\text{m})$$

$$\mathbf{W_{trabajo} = 291.43 \text{ Nm}}$$

Cálculo de la velocidad lineal y tiempo desde la entrada al final

A continuación, se procedió a determinar el tiempo requerido desde el punto de alimentación de la máquina hasta el final de la misma siendo este de 6.02 segundos, teniendo en cuenta que la velocidad recomendada es de 63.5 RPM en el eje motriz.

$$63.5 \text{ RPM} * \left(\frac{2\pi}{1 \text{ vuelta}}\right) * \left(\frac{1 \text{ min}}{60 \text{ seg}}\right) = 6.65 \text{ rad/seg}$$

$$\omega = 6.65 \text{ rad/seg}$$

$$V = \omega * r$$

$$V = \left(6.65 \frac{\text{rad}}{\text{s}}\right) * \left(\frac{0.0725 \text{ m}}{2}\right)$$

$$V = 0.24 \text{ m/s}$$

$$t = \frac{d}{V}$$

$$t = \frac{1.445 \text{ m}}{0.24 \text{ m/s}}$$

$$t = 6.02 \text{ s}$$

Potencia del motor

A continuación, se procedió a determinar la potencia requerida de un motor para la máquina clasificadora de tomates la cual en la condición más extrema acumularía 84 tomates grandes con un peso total de 20.58 kg.

$$P = \frac{W_{trabajo}}{t}$$

$$P = \frac{291.43 \text{ Nm}}{6.02 \text{ s}}$$

$$P = 48.41 \text{ W}$$

De acuerdo al resultado obtenido se requiere un motor de baja potencia, pero de acuerdo al mercado ecuatoriano y a la localidad de la ciudad de Latacunga se procederá a utilizar un motor

de 372.85W, ya que este equipo es comercial y fácil de acceder. Además, se tiene en cuenta que cumple los requerimientos tanto en voltaje, corriente y velocidad.

5.1.1 Cálculo de parámetros de producción

De acuerdo a la figura 4.11, se procedió a calcular los parámetros de producción que se necesita para el diseño de la máquina clasificadora de tomates, los cuales son la velocidad de caída del tomate, tiempo de caída, velocidades lineales.

Velocidad de caída del tomate

$$V_{caida} = \sqrt{2gh}$$
$$V_{caida} = \sqrt{2 * \left(9.8 \frac{m}{s^2}\right) * (0.182m)}$$
$$V_{caida} = 1.88 \text{ m/s}$$

Cálculo de tiempo de caída del tomate a la rampa

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$
$$t = \sqrt{\frac{2 * (0.182m)}{9.8 \text{ m/s}^2}}$$
$$t = 0.19 \text{ s}$$

Mediante el reemplazo de la ecuación anterior, se determinó que el tomate caerá hasta la rampa en 0.19 segundos, lo que significa que es un tiempo corto hasta ese instante de contacto.

Cálculo de la velocidad lineal 1

$$V_f^2 = V_o^2 + 2ad$$
$$V_f = \sqrt{2ad}$$

$$V_f = \sqrt{2 * \left(\frac{9.8 \sin(19.5^\circ) \text{ m}}{\text{s}^2} \right) * (0.388\text{m})}$$

$$V_f = 1.59 \text{ m/s}$$

Cálculo de tiempo

$$t = \frac{2d}{V_f}$$

$$t = \frac{2 * (0.388\text{m})}{1.59 \text{ m/s}}$$

$$t = \mathbf{0.49 \text{ s}}$$

Cálculo de velocidad final

$$V_f^2 = V_o^2 + 2ad$$

$$V_{f_t} = \sqrt{\left(\frac{1.59\text{m}}{\text{s}} \right)^2 + 2 * \left(\frac{9.8 \sin(16^\circ) \text{ m}}{\text{s}^2} \right) * (0.19\text{m})}$$

$$V_{f_t} = \mathbf{1.88 \text{ m/s}}$$

$$t_f = \frac{2d}{V_{f_t} + V_o}$$

$$t_f = \frac{2 * (0.388\text{m})}{1.88 \frac{\text{m}}{\text{s}} + 1.59\text{m/s}}$$

$$t_f = \mathbf{0.22 \text{ s}}$$

Tiempo de llenado para tomates de la primera etapa

$$t = \frac{d}{V}$$

$$t = \frac{0.327 \text{ m}}{0.24 \text{ m/s}}$$

$$t = \mathbf{1.36 \text{ s}}$$

$$T_t = 0.19 \text{ s} + 0.49\text{s} + 0.22\text{s} + 1.36$$

$$T_t = \mathbf{2.26\text{s}}$$

De acuerdo a los resultados obtenidos un tomate desde el punto de inicio de transporte hasta el almacenamiento se tardaría 2.26 segundos. Por lo tanto, el tiempo total que tardaría en llenarse los tomates en la primera etapa de 135 a 150 gramos es de 108.48 segundos, teniendo en cuenta que se recolectarán 48 tomates.

Tiempo de llenado para tomates de la segunda etapa

$$t = \frac{d}{V}$$
$$t = \frac{1.162/4 \text{ m}}{0.24 \text{ m/s}}$$
$$t = 4.84 \text{ s}$$

$$T_t = 0.19 \text{ s} + 0.49\text{s} + 0.22\text{s} + 4.84$$

$$T_t = 5.74\text{s}$$

De acuerdo a los resultados obtenidos un tomate desde el punto de inicio de transporte hasta el almacenamiento se tardaría 5.74 segundos. Por lo tanto, el tiempo total que tardaría en llenarse los tomates en la segunda etapa de 151 a 177 gramos es de 200.9 segundos, teniendo en cuenta que se recolectaran 35 tomates.

Tiempo de llenado para tomates de la tercera etapa

$$t = \frac{d}{V}$$
$$t = \frac{1.859 \text{ m}}{0.24 \text{ m/s}}$$
$$t = 7.75 \text{ s}$$

$$T_t = 0.49\text{s} + 0.22\text{s} + 7.75$$

$$T_t = 8.46\text{s}$$

De acuerdo a los resultados obtenidos un tomate desde el punto de inicio de transporte hasta el almacenamiento se tardaría 8.46 segundos. Por lo tanto, el tiempo total que tardaría en llenarse los tomates en la tercera etapa de 178 a 245 gramos es de 236.88 segundos, teniendo en cuenta que se recolectaran 28 tomates.

5.2 CÁLCULO DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN

En la figura 5.1, se observa el sistema de transmisión que debe ser empleado en la máquina clasificadora de tomates ya que la velocidad centrípeta es de 1720 RPM, dicha velocidad debe ser reducida a 63.5 RPM caso contrario el producto sería afectado por la velocidad tangencial que se produce en el eje motriz.

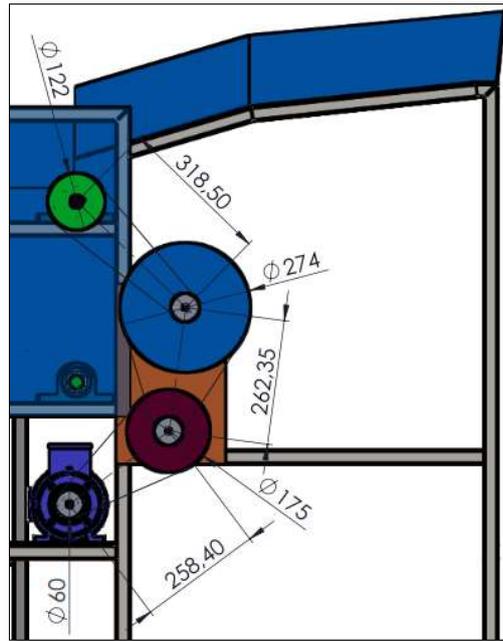


Figura 5.1. Sistema de trasmisión.

$$D1 * \omega1 = D2 * \omega2$$

$$(60 \text{ mm}) * (1720 \text{ rpm}) = (175 \text{ mm}) * \omega2$$

$$\omega2 = \frac{(60 \text{ mm}) * (1720 \text{ rpm})}{175 \text{ mm}}$$

$$\omega2 = 589.71 \text{ rpm}$$

$$D3 * \omega3 = D4 * \omega4$$

$$(60 \text{ mm}) * (589.71 \text{ rpm}) = (274 \text{ mm}) * \omega3$$

$$\omega3 = \frac{(60 \text{ mm}) * (589.71 \text{ rpm})}{274 \text{ mm}}$$

$$\omega2 = 129.13 \text{ rpm}$$

$$D5 * \omega5 = D6 * \omega6$$

$$(60 \text{ mm}) * (129.13 \text{ rpm}) = (122 \text{ mm}) * \omega_6$$

$$\omega_6 = \frac{(60 \text{ mm}) * (129.13 \text{ rpm})}{122 \text{ mm}}$$

$$\omega_2 = 63.51 \text{ rpm}$$

5.2.1 Cálculo de longitud de la banda

A continuación, se observa que la longitud de la banda calculada es de 898.73 mm, dicho valor es de importancia para la adquisición de la misma en el mercado local de Latacunga, teniendo en cuenta que esta conectara a la polea uno del motor hasta la polea dos que es una de las reducciones del sistema de transmisión. Por lo tanto, para el resto de combinaciones de transmisión se realizará el mismo cálculo.

$$L = 2C + \frac{\pi}{2}(D_1 + D_2) + \frac{(D_2 - D_1)^2}{4C}$$

$$L = 2(258.4\text{mm}) + \frac{\pi}{2}(60\text{mm} + 175\text{mm}) + \frac{(60\text{mm} - 175\text{mm})^2}{4(258.4\text{mm})}$$

$$L = 898.73 \text{ mm}$$

5.2.2 Cálculo del eje motriz de la primera sección

La figura 5.2, muestra el eje motriz de la maquina clasificadora de tomates, dicho eje está conformado por poleas tipo A, catalinas 8B y chumaceras las cuales servirán para que el eje pueda generar un torque necesario para transmitir el movimiento al resto del sistema.

Además, mediante el cálculo de velocidad angular, torque, fuerzas tanto de poleas y catalinas, esfuerzos cortantes, momentos y fatiga, se determinará el diámetro necesario para el eje motriz, ya que este no debe fallar en el instante de trabajo.

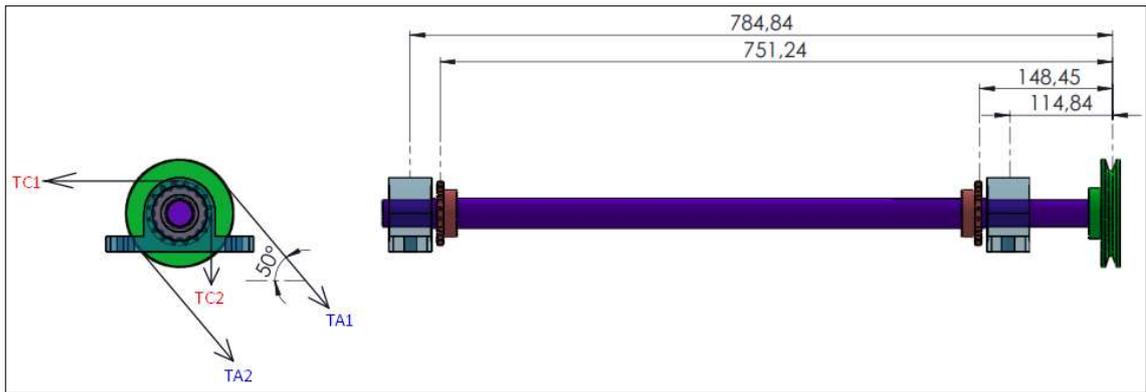


Figura 5.2. Eje motriz de la primera sección.

Conversión de velocidad

$$63.5 \text{ RPM} * \left(\frac{2\pi}{1 \text{ vuelta}}\right) * \left(\frac{1 \text{ min}}{60 \text{ seg}}\right) = 6.65 \text{ rad/seg}$$

$$\omega = 6.65 \text{ rad/seg}$$

Cálculo de torque:

$$T = \frac{P}{\omega}$$

$$T = \frac{372.85 \text{ W}}{6.65 \text{ rad/seg}}$$

$$T = 56.067 \text{ Nm}$$

5.2.3 Polea tipo A

Cálculo fuerza neta

$$T = F_n * R$$

$$F_n = \frac{T}{R}$$

$$F_n = \frac{56.067 \text{ Nm}}{\frac{0.122 \text{ m}}{2}}$$

$$F_n = 919.13 \text{ N}$$

Cálculo fuerza de flexión

$$F_{sA} = 1.5 * F_n$$
$$F_{sA} = 1.5 * (919.13 \text{ N})$$
$$F_{sA} = \mathbf{1378.69 \text{ N}}$$

5.2.4 Catalina 8B

Cálculo fuerza neta

$$T = F_{nc} * R$$
$$F_{nc} = \frac{T}{R}$$
$$F_{nc} = \frac{56.067 \text{ Nm}}{\frac{0.0725 \text{ m}}{2}}$$
$$F_c = \mathbf{1546.67 \text{ N}}$$

Cálculo fuerza de flexión

$$F_{sA} = 1.5 * F_{nc}$$
$$F_{sc} = 1.5 * (1546.67 \text{ N})$$
$$F_{sc} = \mathbf{2320 \text{ N}}$$

5.2.5 Diagrama de cuerpo libre plano XY

En la figura 5.3 se observa el diagrama de cuerpo libre del eje motriz del plano XY teniendo en cuenta la distribución de fuerzas que actúan sobre el mismo, también las longitudes y posicionamientos de los distintos elementos mecánicos tales como poleas tipo A, catalina 8M y chumaceras. Además, se muestran las gráficas de esfuerzo cortante y momento que se producen en la flecha.

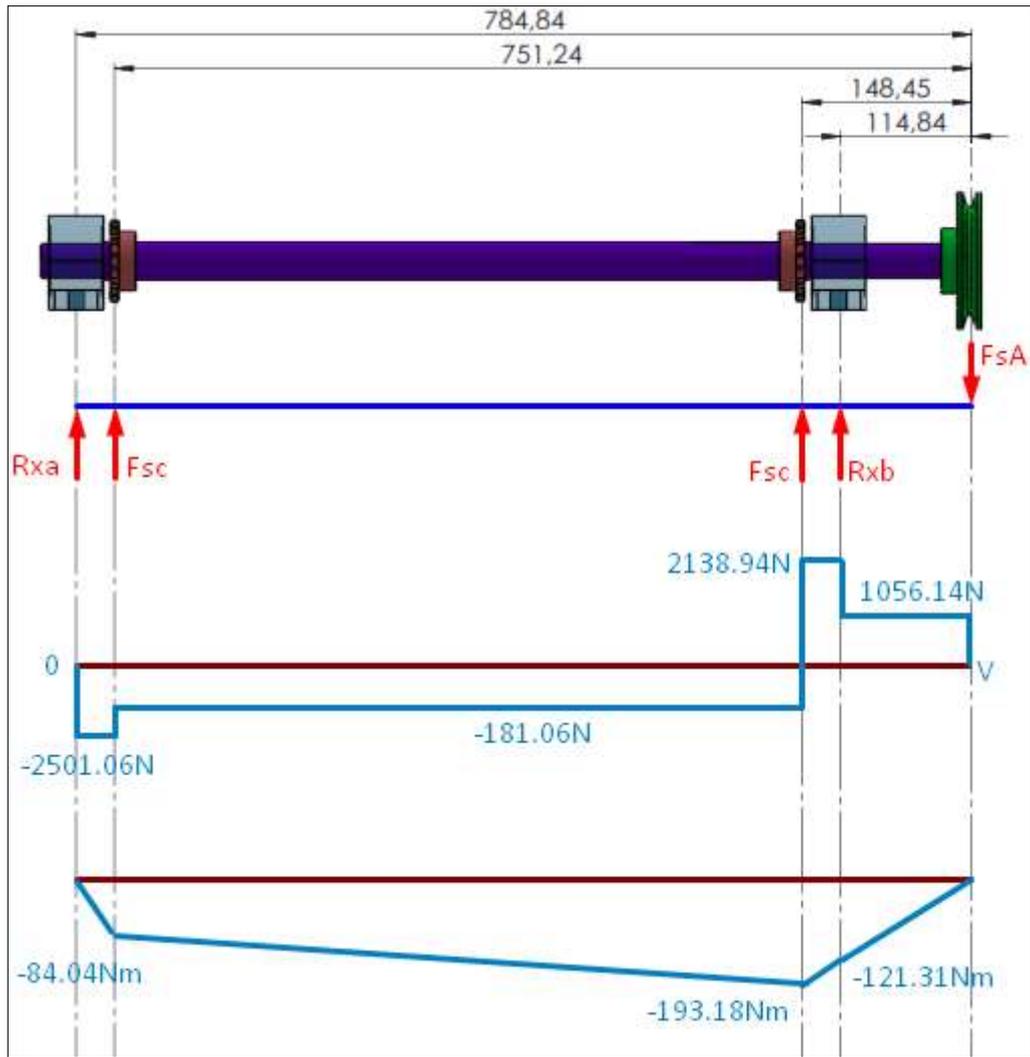


Figura 5.3. Diagrama de cuerpo libre del eje motriz de la primera sección (plano XY).

- **Cálculo de momentos y reacciones ejercidas en eje motriz**

$$\sum M_{xa} = 0$$

$$(F_{sc} * d_{x1}) + (F_{sc} * d_{x2}) + (Rxb * d_{x3}) - (F_{sA} * \text{sen}(\theta) * d_{x4}) = 0$$

$$(2320\text{N} * 33.6\text{mm}) + (2320\text{N} * 636.39\text{mm}) + (Rxb * 670\text{mm}) - (1378.69\text{N} * \text{sen}(50^\circ) * 784.84) = 0$$

$$\mathbf{Rxb = -1082.80\text{ N}}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$Rxa + F_{sc} + F_{sc} + Rxb - (F_{sA} * \text{sen}(\theta)) = 0$$

$$Rxa + 2320 + 2320 - 1082.80\text{N} - 1056.14\text{ N} = 0$$

$$\mathbf{Rxa = -2501.06\text{ N}}$$

5.2.6 Diagrama de cuerpo libre plano XZ

En la figura 5.4 se observa el diagrama de cuerpo libre del eje motriz del plano XY teniendo en cuenta la distribución de fuerzas que actúan sobre el mismo, también las longitudes y posicionamientos de los distintos elementos mecánicos tales como poleas tipo A, catalina 8M y chumaceras. Además, se muestran las gráficas de esfuerzo cortante y momento que se producen en la flecha.

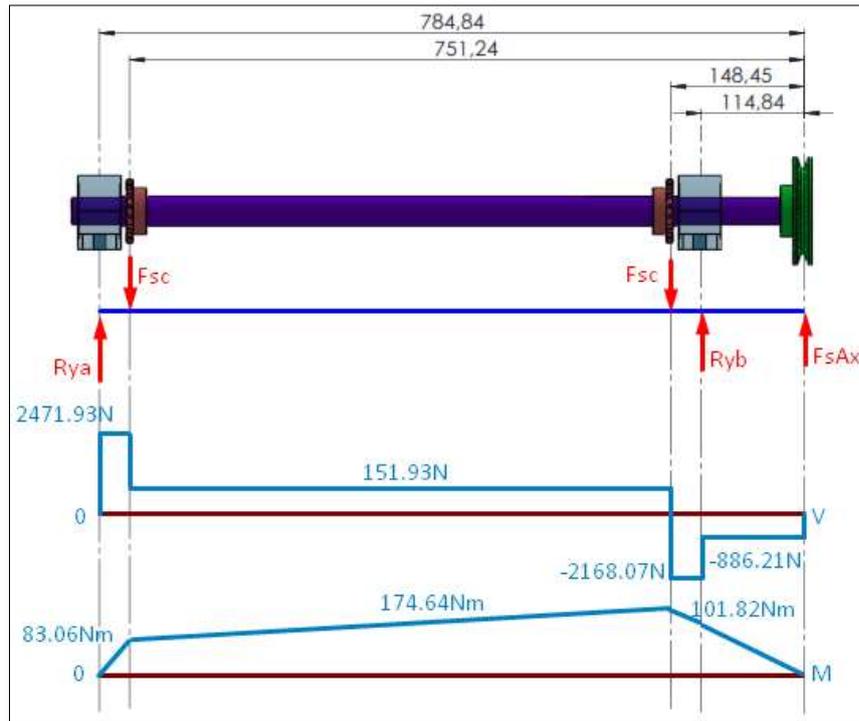


Figura 5.4. Diagrama de cuerpo libre del eje motriz de la primera sección (plano XZ).

- **Cálculo de momentos y reacciones ejercidas en eje motriz**

$$\sum M_{xa} = 0$$

$$-(F_{sc} * d_{x1}) - (F_{sc} * d_{x2}) + (Ryb * d_{x3}) + (F_{sAx} * \cos(\theta) * d_{x4}) = 0$$

$$-(2320N * 33.6mm) - (2320N * 636.39mm) + (Ryb * 670mm) + (1378.69N * \cos(50^\circ) * 784.84) = 0$$

$$\mathbf{Ryb = 1281.86 N}$$

$$\sum F_z = 0$$

$$Rya - F_{sc} - F_{sc} + Ryb + (F_{sAx} * \cos(\theta)) = 0$$

$$Rya - 2320N - 2320N + 1281.86N + 886.204 N = 0$$

$$\mathbf{Rya = 2471.936 N}$$

Cálculo del límite de resistencia

$$S_e' = 0.5 * S_{ut}$$
$$S_e' = 0.5 * (520 \text{ MPa})$$
$$S_e' = 260 \text{ MPa}$$

Cálculo del límite de resistencia a la fatiga

$$S_e = k_a * k_b * k_c * k_d * k_e * S_e'$$

Cálculo factor de superficie k_a

$$k_a = a(S_{ut})^b$$
$$k_a = (4.51) * (260)^{-0.265}$$
$$k_a = 1.03$$

Factor de confiabilidad

$$S_e = (1.03)(1)(1)(1)(1)(260 \text{ MPa})$$
$$S_e = 267.8 \text{ MPa}$$

5.2.7 Cálculo del radio de la muesca del eje motriz de la primera sección (redondeos de ejes).

Cálculo del diámetro 1

Flexión

$$K_f = 1 + q(K_t - 1)$$
$$K_f = 1 + (0.74)(2.7 - 1)$$
$$K_f = 2.258$$

Torsión

$$K_{fs} = 1 + q(K_t - 1)$$
$$K_{fs} = 1 + (0.72)(2.2 - 1)$$
$$K_{fs} = 1.864$$

Diámetro 1

$$d_1 = \sqrt[3]{\frac{16 n}{\pi} \left(\frac{1}{S_e} \sqrt{[4(K_f * M_a)^2 + 3(K_{fs} * T_a)^2]} \right)}$$

$$d_1 = \sqrt[3]{\frac{16 (1)}{\pi} \left\{ \frac{1}{(267.8\text{MPa})} \sqrt{[4(2.258 * 193180 \text{ Nmm})^2 + 3(1.864 * 56067 \text{ Nmm})^2]} \right\}}$$

$$d_1 = 25.68 \text{ mm}$$

Cálculo del Diámetro 2

Flexión

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

$$K_f = 1 + (0.86)(1.7 - 1)$$

$$K_f = 1.60$$

Torsión

$$K_{fs} = 1 + q(K_t - 1)$$

$$K_{fs} = 1 + (0.92)(1.5 - 1)$$

$$K_{fs} = 1.46$$

Diámetro 2

$$d_2 = \sqrt[3]{\frac{16 n}{\pi} \left(\frac{1}{S_e} \sqrt{[4(K_f * M_a)^2 + 3(K_{fs} * T_a)^2]} \right)}$$

$$d_2 = \sqrt[3]{\frac{16 (1)}{\pi} \left\{ \frac{1}{(267.8\text{MPa})} \sqrt{[4(1.60 * 174640 \text{ Nmm})^2 + 3(1.46 * 56067 \text{ Nmm})^2]} \right\}}$$

$$d_2 = 22.22 \text{ mm}$$

De acuerdo a los resultados obtenidos anteriormente en cuanto a torques fuerzas momentos, esfuerzos cortantes, reacciones se determinó que el diámetro mínimo del eje en el plano XZ es de 22.22 mm con un factor de seguridad de uno. Obteniendo así un eje correctamente diseñado.

5.2.8 Cálculo del eje motriz de la segunda sección

La figura 5.5, muestra el eje motriz de la máquina clasificadora de tomates, dicho eje está conformado por poleas tipo A, catalinas 8B y chumaceras las cuales servirán para que el eje pueda generar un torque necesario para transmitir el movimiento al resto del sistema.

Además, mediante el cálculo de velocidad angular, torque, fuerzas tanto de poleas y catalinas, esfuerzos cortantes, momentos y fatiga, se determinó el diámetro necesario para el eje motriz, ya que este no debe fallar en el instante de trabajo.

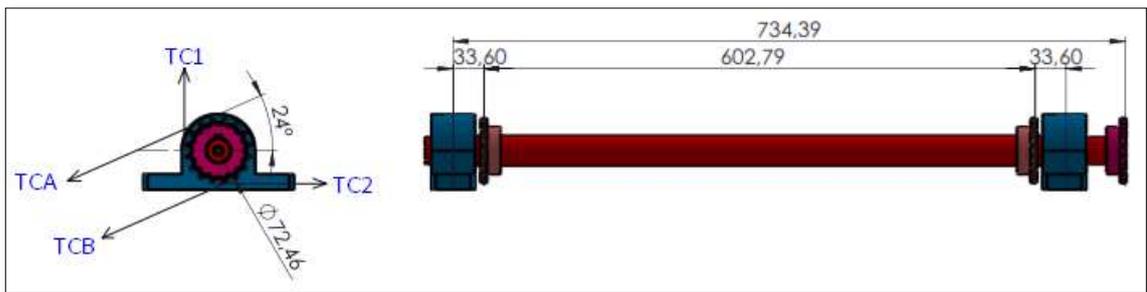


Figura 5.5. Eje motriz de la segunda sección.

Conversión de velocidad

$$63.5 \text{ RPM} * \left(\frac{2\pi}{1 \text{ vuelta}}\right) * \left(\frac{1 \text{ min}}{60 \text{ seg}}\right) = 6.65 \text{ rad/seg}$$

$$\omega = 6.65 \text{ rad/seg}$$

Cálculo de torque:

$$T = \frac{P}{\omega}$$

$$T = \frac{372.85 \text{ W}}{6.65 \text{ rad/seg}}$$

$$T = 56.067 \text{ Nm}$$

5.2.9 Catalina motriz

Cálculo fuerza neta

$$T = F_n * R$$

$$F_n = \frac{T}{R}$$

$$F_n = \frac{56.067 \text{ Nm}}{\frac{0.0725 \text{ m}}{2}}$$

$$F_n = 1546.68 \text{ N}$$

Cálculo fuerza de flexión

$$F_{CM} = 1.5 * F_n$$

$$F_{CM} = 1.5 * (1546.68 \text{ N})$$

$$F_{CM} = 2320 \text{ N}$$

5.2.10 Catalina 8B

Cálculo fuerza neta

$$T = F_{nc} * R$$

$$F_{nc} = \frac{T}{R}$$

$$F_{nc} = \frac{56.067 \text{ Nm}}{\frac{0.0725 \text{ m}}{2}}$$

$$F_{nc} = 1546.68 \text{ N}$$

Cálculo fuerza de flexión

$$F_{sA} = 1.5 * F_{nc}$$

$$F_{sc} = 1.5 * (1546.68 \text{ N})$$

$$F_{sc} = 2320 \text{ N}$$

5.2.11 Diagrama de cuerpo libre plano XY (eje de la segunda sección)

En la figura 5.6 se observa el diagrama de cuerpo libre del eje motriz del plano XY teniendo en cuenta la distribución de fuerzas que actúan sobre el mismo, también las longitudes y posicionamientos de los distintos elementos mecánicos tales como poleas tipo A, catalina 8M y chumaceras. Por lo tanto, se observa que en la gráfica el momento máximo es de 74.91 Nm.

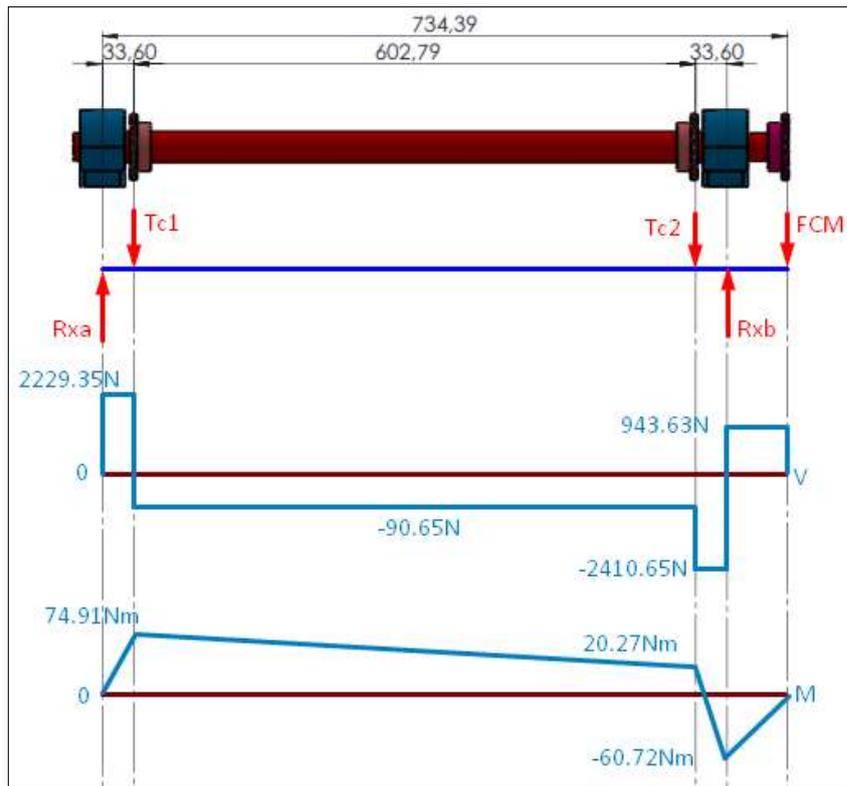


Figura 5.6. Diagrama de cuerpo libre del eje motriz de la segunda sección (plano XY).

- **Cálculo de momentos y reacciones ejercidas en eje motriz**

$$\sum M_{xa} = 0$$

$$-(Tc1 * d_{x1}) - (Tc2 * d_{x2}) + (Rxb * d_{x3}) - (F_{CM} * \text{sen}(\theta) * d_{x4}) = 0$$

$$-(2320\text{N} * 33,6\text{mm}) - (2320\text{N} * 636,39\text{mm}) + (Rxb * 670\text{mm}) - (2320\text{N} * \text{sen}(24^\circ) * 734,39) = 0$$

$$\mathbf{Rxb = 3354,28\ N}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$R_{xa} - T_{c1} - T_{c2} + R_{xb} - (F_{CM} * \text{sen}(\theta)) = 0$$

$$R_{xa} - 2320\text{N} - 2320\text{N} + 3354.28\text{N} - 943.63\text{N} = 0$$

$$R_{xa} = 2229.35\text{N}$$

5.2.12 Diagrama de cuerpo libre plano XZ

En la figura 5.7 se observa el diagrama de cuerpo libre del eje motriz del plano XZ teniendo en cuenta la distribución de fuerzas que actúan sobre el mismo, también las longitudes y posicionamientos de los distintos elementos mecánicos tales como poleas tipo A, catalina 8M y chumaceras.

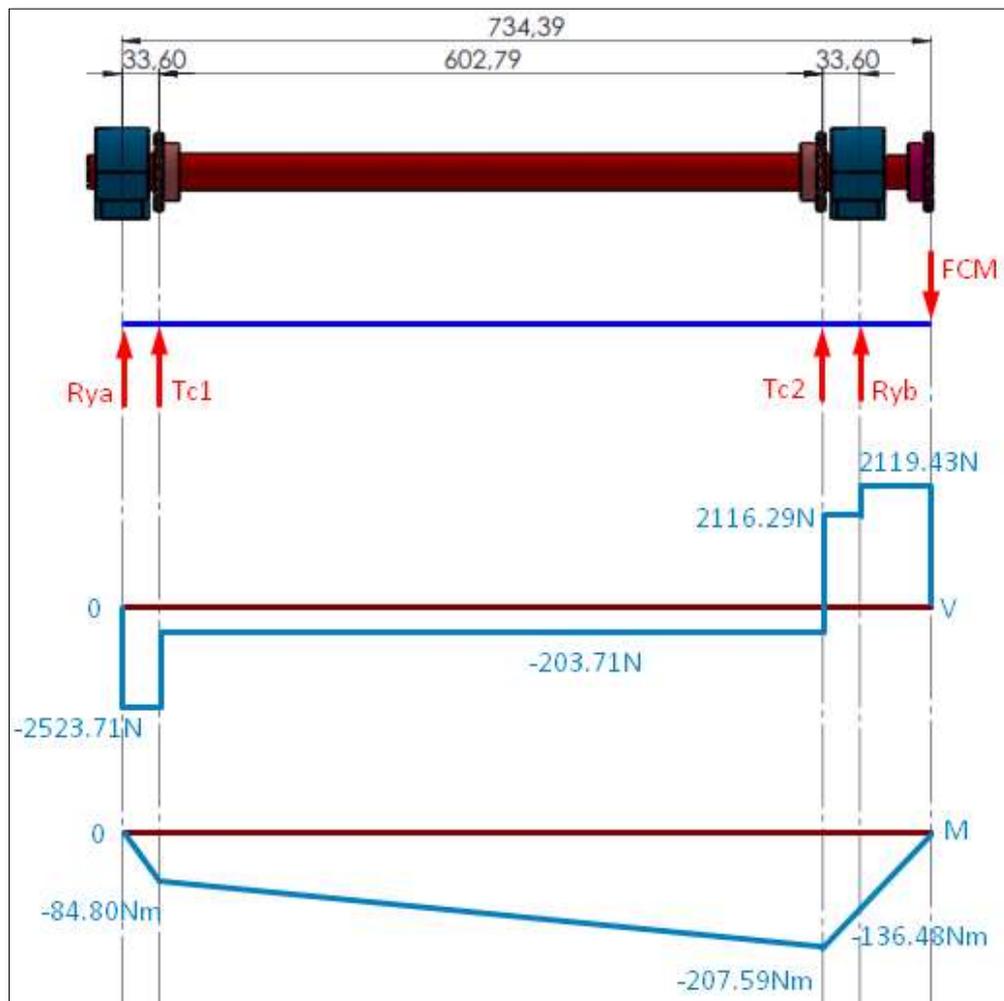


Figura 5.7. Diagrama de cuerpo libre del eje motriz de la segunda sección (plano XZ).

- **Cálculo de momentos y reacciones ejercidas en eje motriz**

$$\sum M_{xa} = 0$$

$$(Tc1 * d_{x1}) + (Tc2 * d_{x2}) + (Ryb * d_{x3}) - (F_{CM} * \cos(\theta) * d_{x4}) = 0$$

$$(2320N * 33.6mm) + (2320N * 636.39mm) + (Ryb * 670mm) - (2320N * \cos(24^\circ) * 734.39) = 0$$

$$\mathbf{Ryb = 3.14 N}$$

$$\sum F_z = 0$$

$$Rya + TC1 + TC2 + Ryb - (F_{CM} * \cos(\theta)) = 0$$

$$Rya + 2320N + 2320N + 3.14N - 2119.43 N = 0$$

$$\mathbf{Rxa = -2523.71 N}$$

Cálculo del límite de resistencia

$$S_e' = 0.5 * S_{ut}$$

$$S_e' = 0.5 * (520 \text{ MPa})$$

$$\mathbf{S_e' = 260 \text{ MPa}}$$

Cálculo del límite de resistencia a la fatiga

$$S_e = k_a * k_b * k_c * k_d * k_e * S_e'$$

Cálculo factor de superficie Ka

$$k_a = a(S_{ut})^b$$

$$k_a = (4.51) * (260)^{-0.265}$$

$$k_a = 1.03$$

Factor de confiabilidad

$$S_e = (1.03)(1)(1)(1)(1)(260 \text{ MPa})$$

$$\mathbf{S_e = 267.8 \text{ MPa}}$$

5.2.13 Cálculo del radio de la muesca (Redondeos de ejes)

A continuación, se procedió a calcular el diámetro de la muesca lo que significa que es el redondeo que debe poseer el eje motriz de la máquina clasificadora de tomates, teniendo como finalidad una mayor resistencia a las cargas en cuanto a flexión y torsión que se generan en la flecha.

Cálculo del diámetro

Flexión

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

$$K_f = 1 + (0.74)(2.7 - 1)$$

$$K_f = 2.258$$

Torsión

$$K_{fs} = 1 + q(K_t - 1)$$

$$K_{fs} = 1 + (0.72)(2.2 - 1)$$

$$K_{fs} = 1.864$$

Diámetro 1

$$d_1 = \sqrt[3]{\frac{16 n}{\pi} \left(\frac{1}{S_e} \sqrt{[4(K_f * M_a)^2 + 3(K_{fs} * T_a)^2]} \right)}$$

$$d_1 = \sqrt[3]{\frac{16 (1)}{\pi} \left\{ \frac{1}{(267.8 \text{MPa})} \sqrt{[4(2.258 * 74910 \text{ Nmm})^2 + 3(1.864 * 56067 \text{ Nmm})^2]} \right\}}$$

$$d_1 = 19.40 \text{ mm}$$

De acuerdo a los resultados obtenidos anteriormente en cuanto a torques, fuerzas, momentos, esfuerzos cortantes y reacciones se determinó que el diámetro mínimo del eje en el plano XZ es de 19.40 mm con un factor de seguridad de uno. Obteniendo así un eje correctamente diseñado.

Diámetro 2

Flexión

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

$$K_f = 1 + (0.86)(1.7 - 1)$$

$$K_f = 1.60$$

Torsión

$$K_{fs} = 1 + q(K_t - 1)$$

$$K_{fs} = 1 + (0.92)(1.5 - 1)$$

$$K_{fs} = 1.46$$

$$d_2 = \sqrt[3]{\frac{16 n}{\pi} \left(\frac{1}{S_e} \sqrt{[4(K_f * M_a)^2 + 3(K_{fs} * T_a)^2]} \right)}$$

$$d_2 = \sqrt[3]{\frac{16 (1)}{\pi} \left\{ \frac{1}{(267.8 \text{MPa})} \sqrt{[4(1.60 * 207590 \text{ Nmm})^2 + 3(1.46 * 56067 \text{ Nmm})^2]} \right\}}$$

$$d_2 = 23.46 \text{ mm}$$

Cálculo de catalinas

$$N = \frac{2 * C}{p} + \frac{z_1 + z_2}{2} + \frac{p(z_1 + z_2)^2}{40 * C}$$

$$N = \frac{2 * 2274.51 \text{mm}}{9.525 \text{ mm}} + \frac{16 + 16}{2} + \frac{(9.525 \text{mm})(16 + 16)^2}{40 * 2274.51 \text{mm}}$$

$$N = 493.69$$

Comportamiento de un rodamiento (carga estática equivalente).

$$P_o = X * F_r + Y * F_a$$

$$P_o = 0.6 F_r$$

$$P_o = 0.6 * 0.31 = 186 \text{ N}$$

5.3 ANÁLISIS CAE DE LA ESTRUCTURA

Mediante el uso de un software CAE, se realizó el análisis de elementos finitos tanto de la estructura de la máquina clasificadora de tomates, como de los ejes motrices y catalinas, esto con la finalidad de comprobar el comportamiento de los elementos al momento en que estén trabajando. Además, mediante la teoría de fallas se concluirá si está correctamente diseñada.

Tabla 5.1. Cargas distribuidas en la estructura.

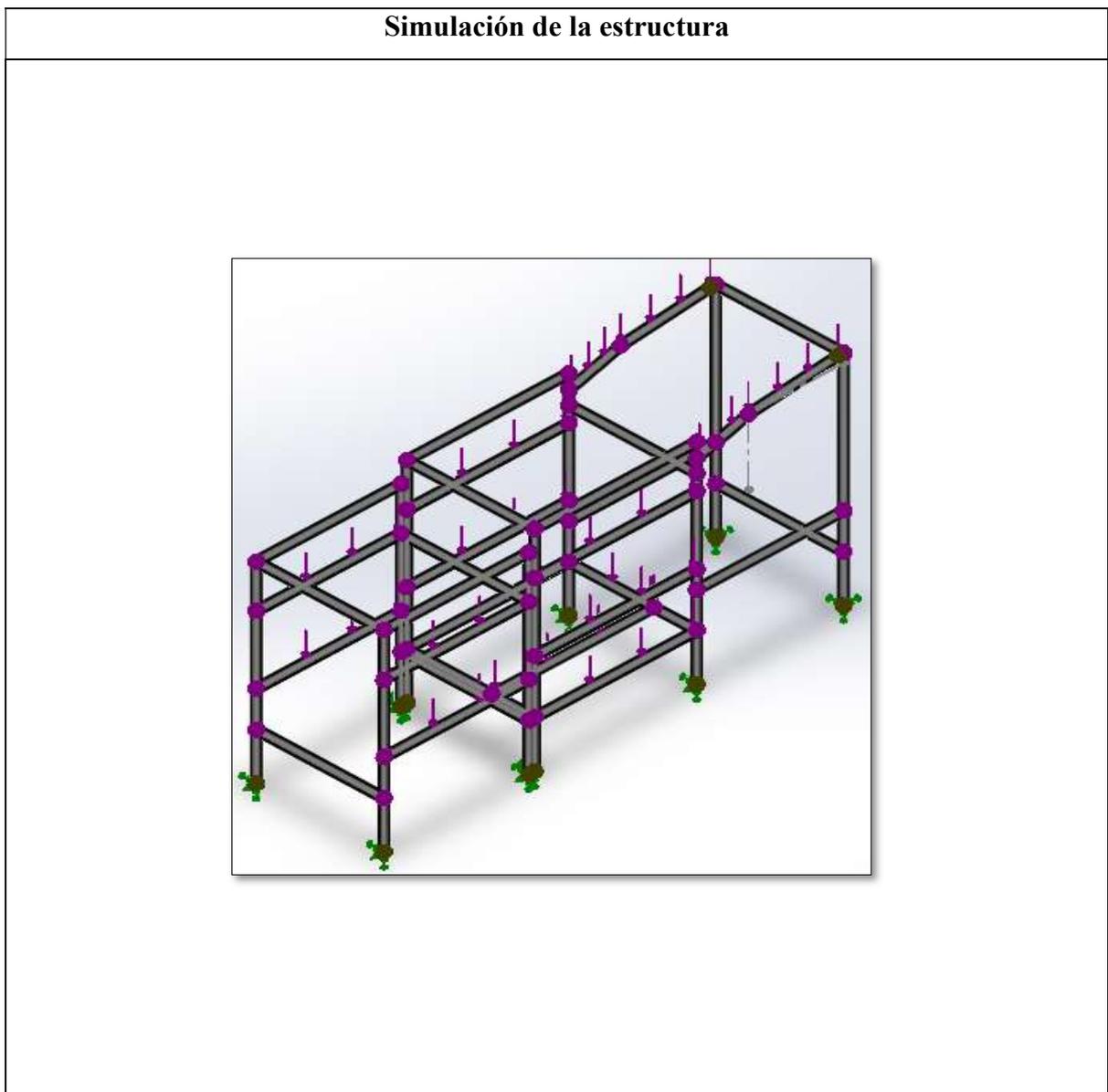
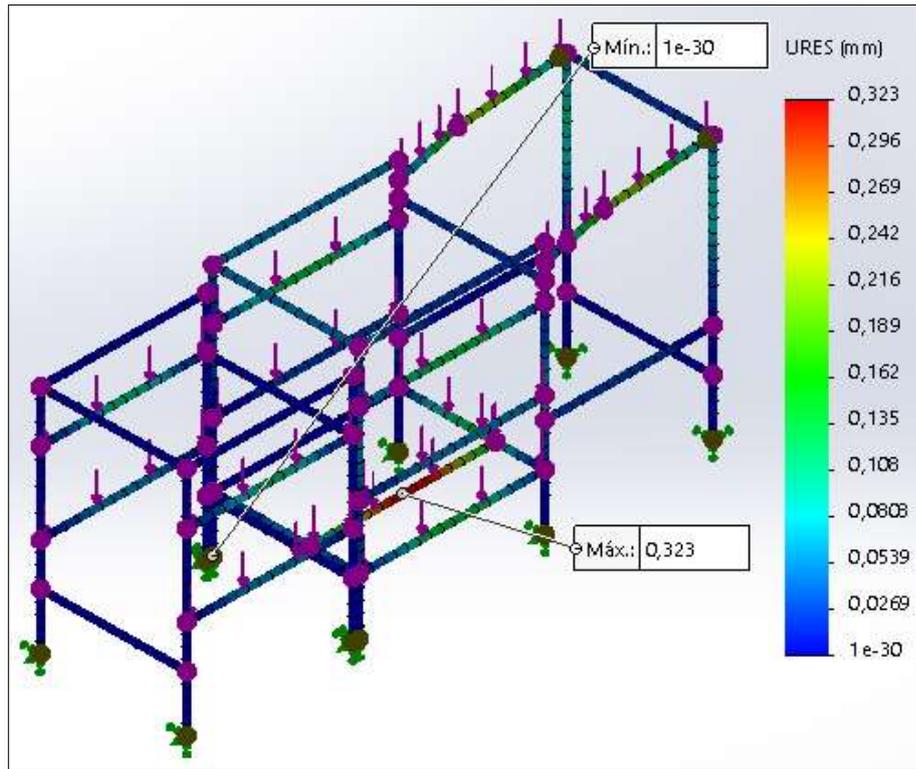


Tabla 5.2. Simulación de deformación.

Simulación 1



En la simulación 1, se observa que el valor de deformación es de 0.323mm en la parte donde va colocado el motor. Por lo que se da a interpretar que la estructura no fallaría.

Tabla 5.3. Simulación del valor de Von Mises.

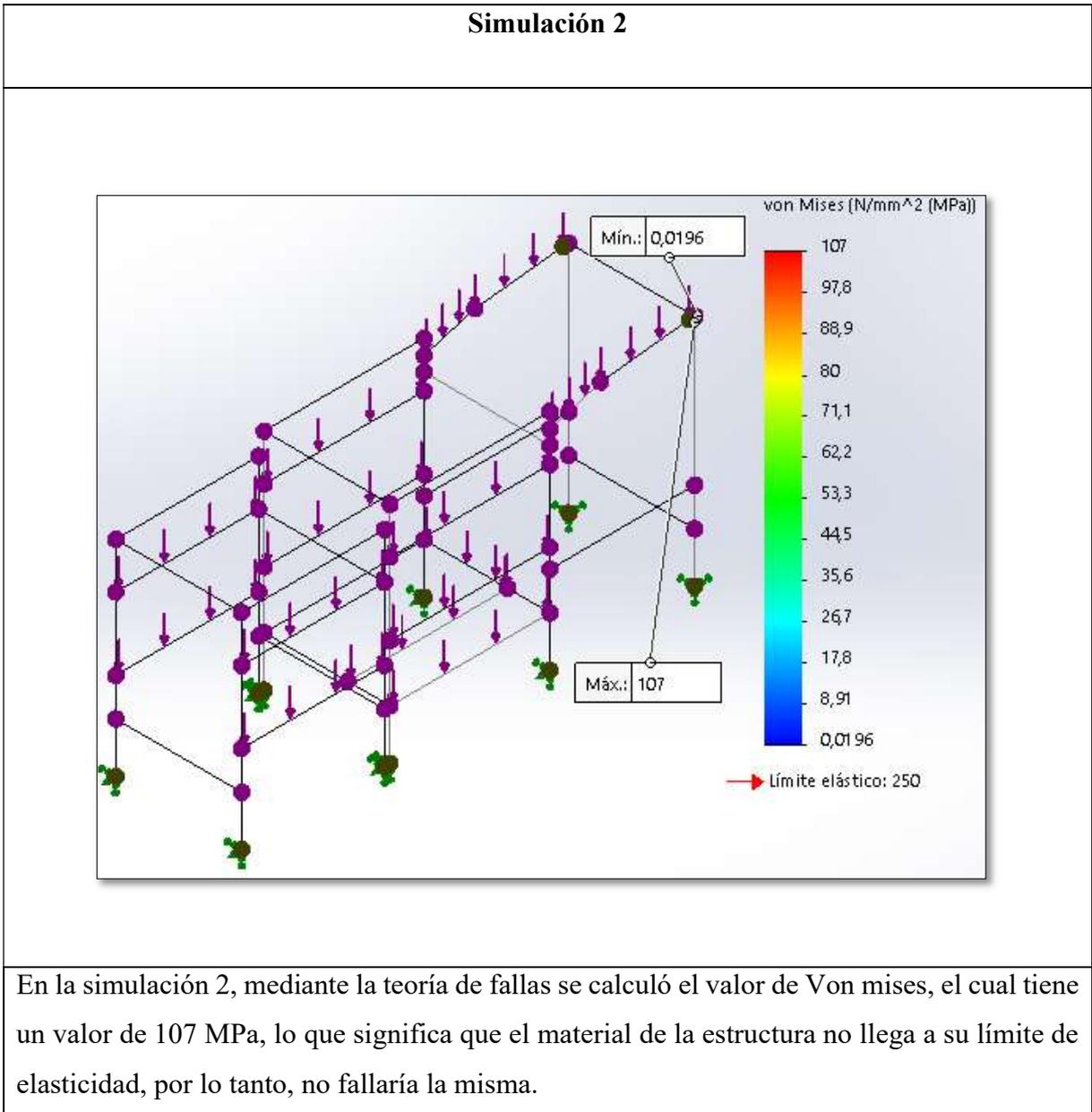


Tabla 5.4. Simulación del factor de seguridad.

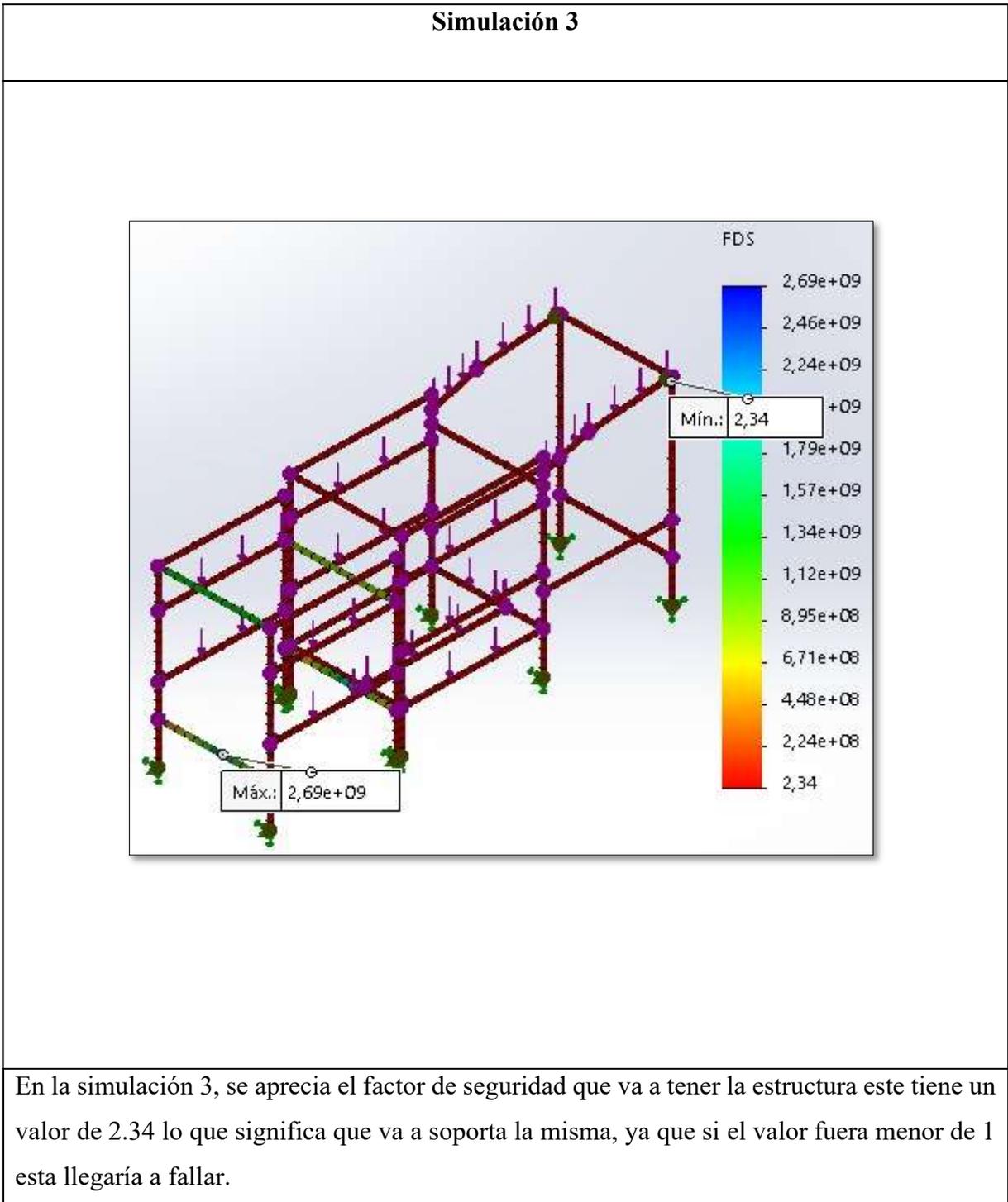
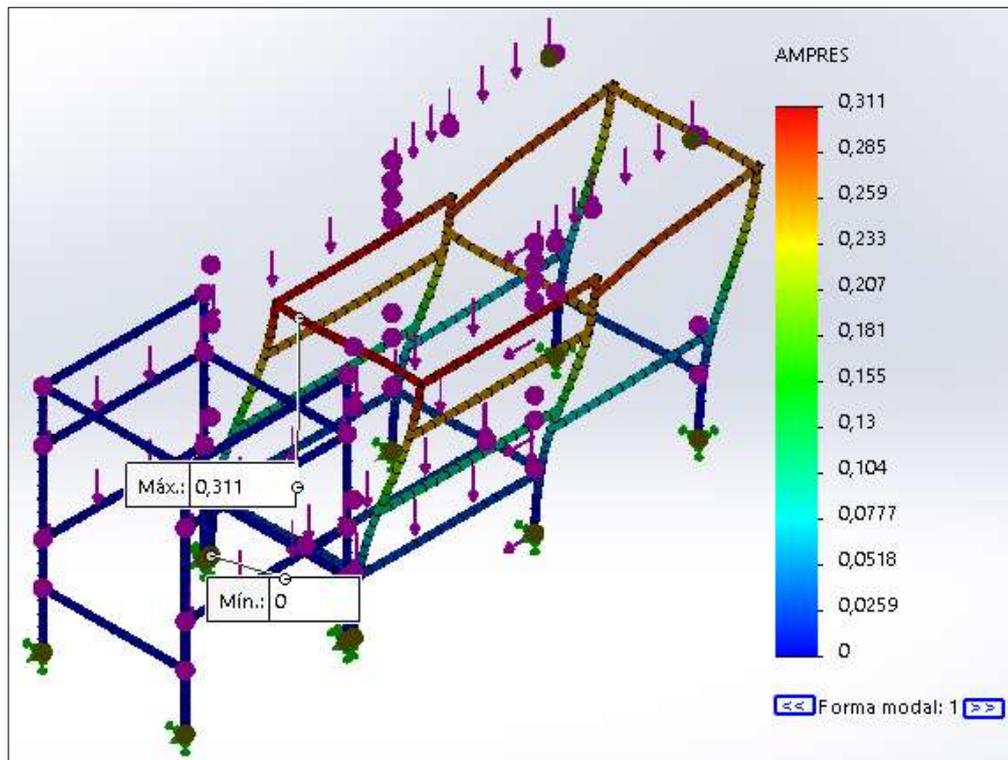


Tabla 5.5. Simulación de vibraciones.

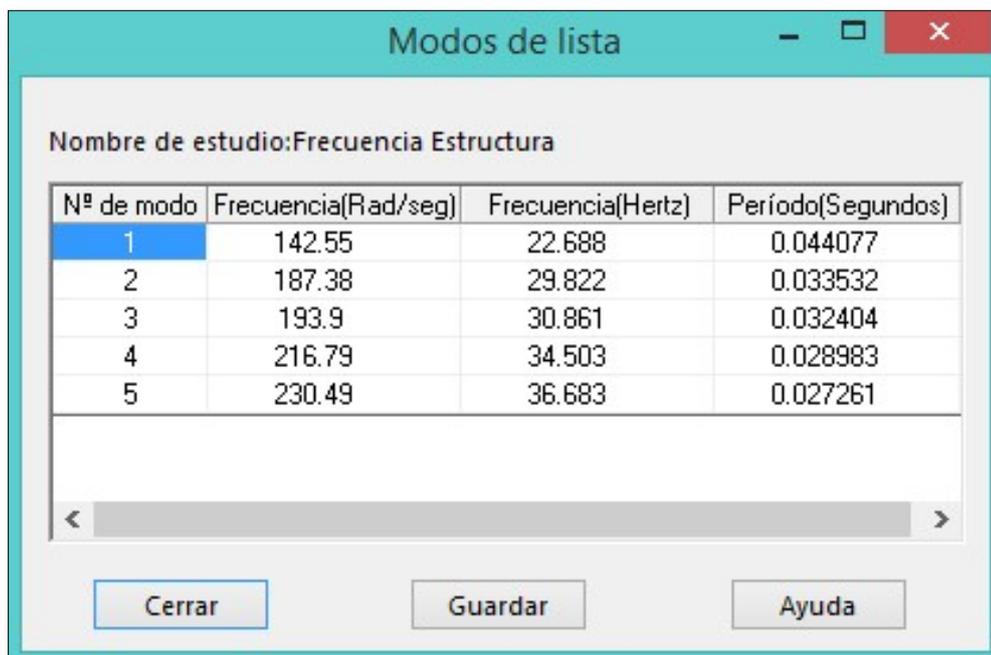
Simulación 4



En la simulación 4, se observa que la amplitud de la estructura es de 0.311mm, lo que significa que la máquina no se va a mover excesivamente.

Tabla 5.6. Simulación de valores de frecuencia.

Simulación 5



Nombre de estudio:Frecuencia Estructura

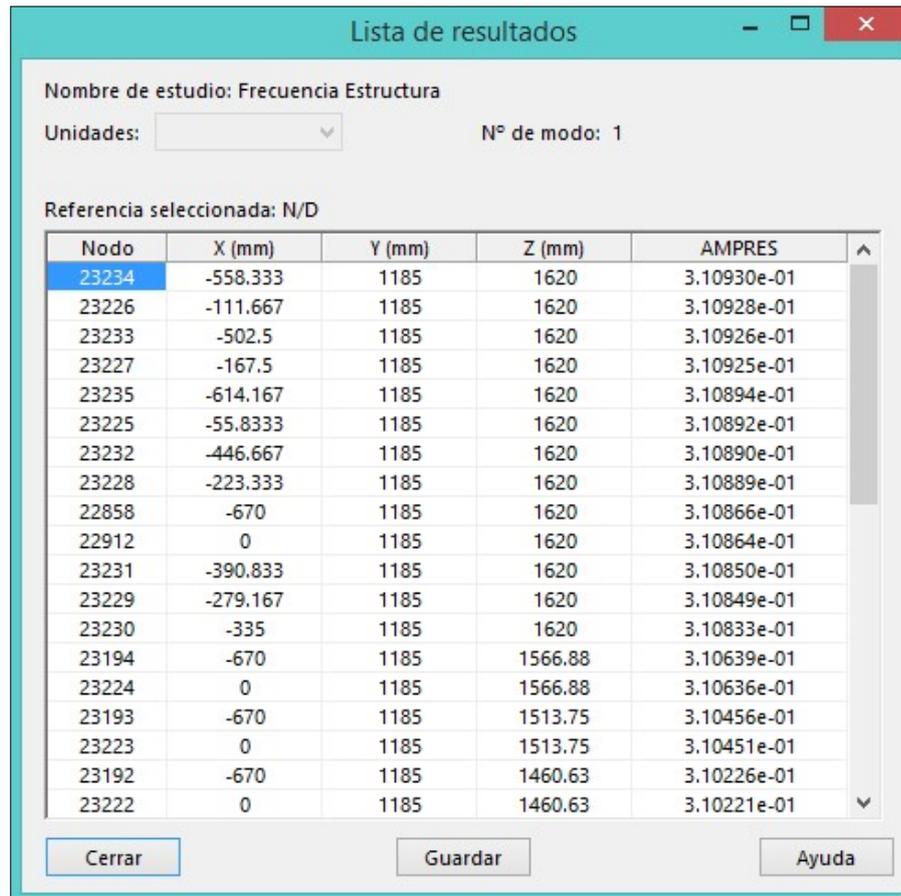
Nº de modo	Frecuencia(Rad/seg)	Frecuencia(Hertz)	Período(Segundos)
1	142.55	22.688	0.044077
2	187.38	29.822	0.033532
3	193.9	30.861	0.032404
4	216.79	34.503	0.028983
5	230.49	36.683	0.027261

Cerrar Guardar Ayuda

En la simulación 5, muestra los valores de frecuencia que se generan en la estructura en el instante que la máquina se encuentra en operación, teniendo una frecuencia máxima de 36.6 Hz

Tabla 5.7. Simulación de valores de amplitud por modos determinados.

Simulación 6



Nombre de estudio: Frecuencia Estructura
Unidades: N° de modo: 1
Referencia seleccionada: N/D

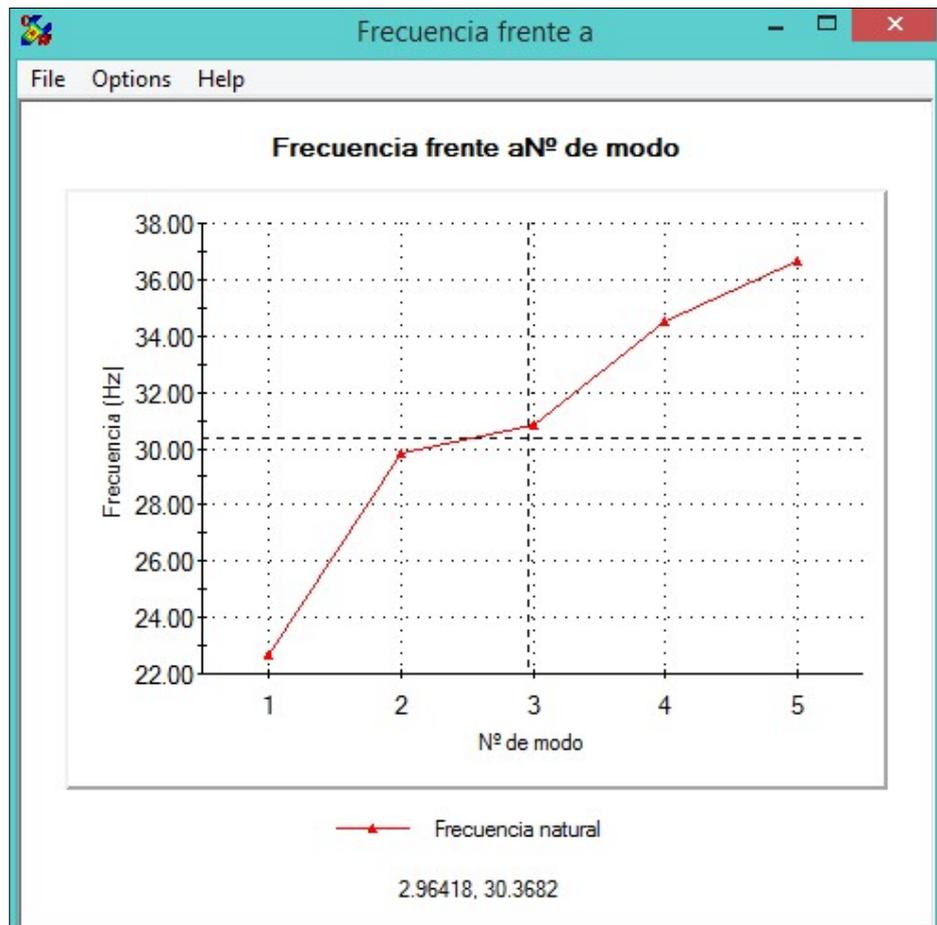
Nodo	X (mm)	Y (mm)	Z (mm)	AMPRES
23234	-558.333	1185	1620	3.10930e-01
23226	-111.667	1185	1620	3.10928e-01
23233	-502.5	1185	1620	3.10926e-01
23227	-167.5	1185	1620	3.10925e-01
23235	-614.167	1185	1620	3.10894e-01
23225	-55.8333	1185	1620	3.10892e-01
23232	-446.667	1185	1620	3.10890e-01
23228	-223.333	1185	1620	3.10889e-01
22858	-670	1185	1620	3.10866e-01
22912	0	1185	1620	3.10864e-01
23231	-390.833	1185	1620	3.10850e-01
23229	-279.167	1185	1620	3.10849e-01
23230	-335	1185	1620	3.10833e-01
23194	-670	1185	1566.88	3.10639e-01
23224	0	1185	1566.88	3.10636e-01
23193	-670	1185	1513.75	3.10456e-01
23223	0	1185	1513.75	3.10451e-01
23192	-670	1185	1460.63	3.10226e-01
23222	0	1185	1460.63	3.10221e-01

Cerrar Guardar Ayuda

En la simulación 6, se puede apreciar los valores de amplitud por modos determinados en los distintos ejes. Además, como se observa no son valores relevantes que puedan afectar al sistema.

Tabla 5.8. Simulación de frecuencia frente al número de modo.

Simulación 7



De acuerdo a la simulación 7, se nota que la frecuencia es directamente proporcional al número de modo, pero como se observan dichos valores no generan vibraciones elevadas.

5.4 ANÁLISIS CAE DEL EJE MOTRIZ (PRIMERA SECCIÓN)

A continuación, se realizará el análisis CAE en el eje motriz de la primera sección de la máquina, para lo cual se analizarán, deformaciones, teoría de Von Mises, fatiga y factor de seguridad, con la finalidad de verificar que el mismo esté correctamente diseñado y aprobado para su respectiva construcción.

Tabla 5.9. Simulación del eje motriz de la primera sección.

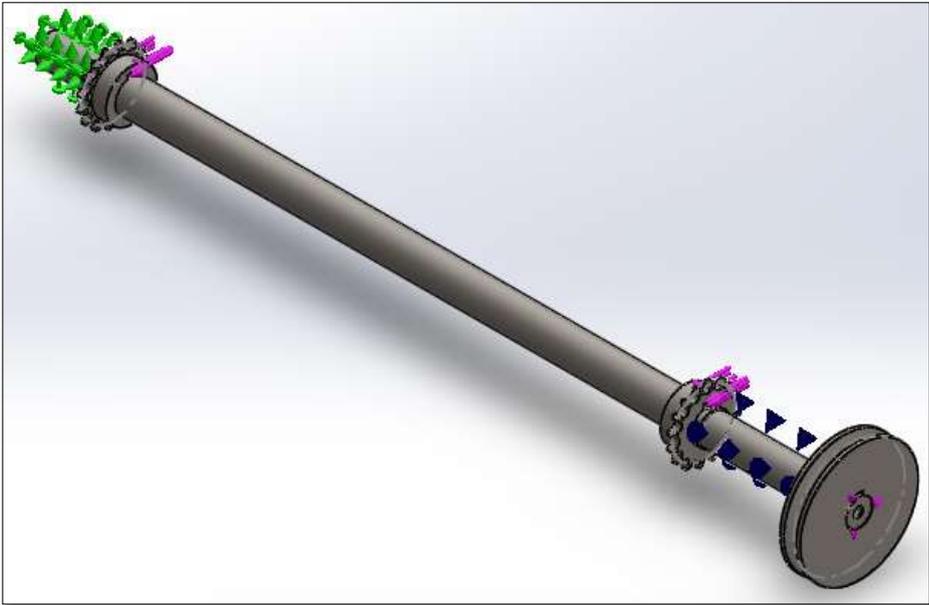
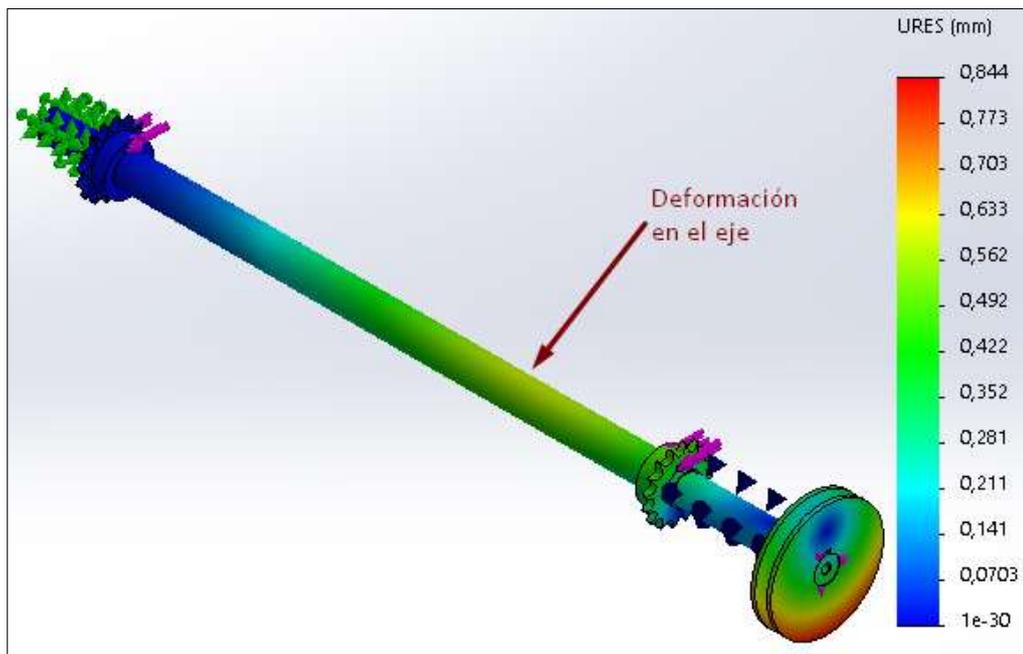
Simulación del eje motriz

De acuerdo al dimensionamiento del eje mediante ecuaciones matemáticas este deberá soportar un torque de 56.067 Nm y fuerzas ejercidas en las catalinas de 2320 N, dicho valor se colocará en el software CAE para verificar sus valores de simulación.

Tabla 5.10. Simulación de deformación máxima del eje motriz de la primera sección.

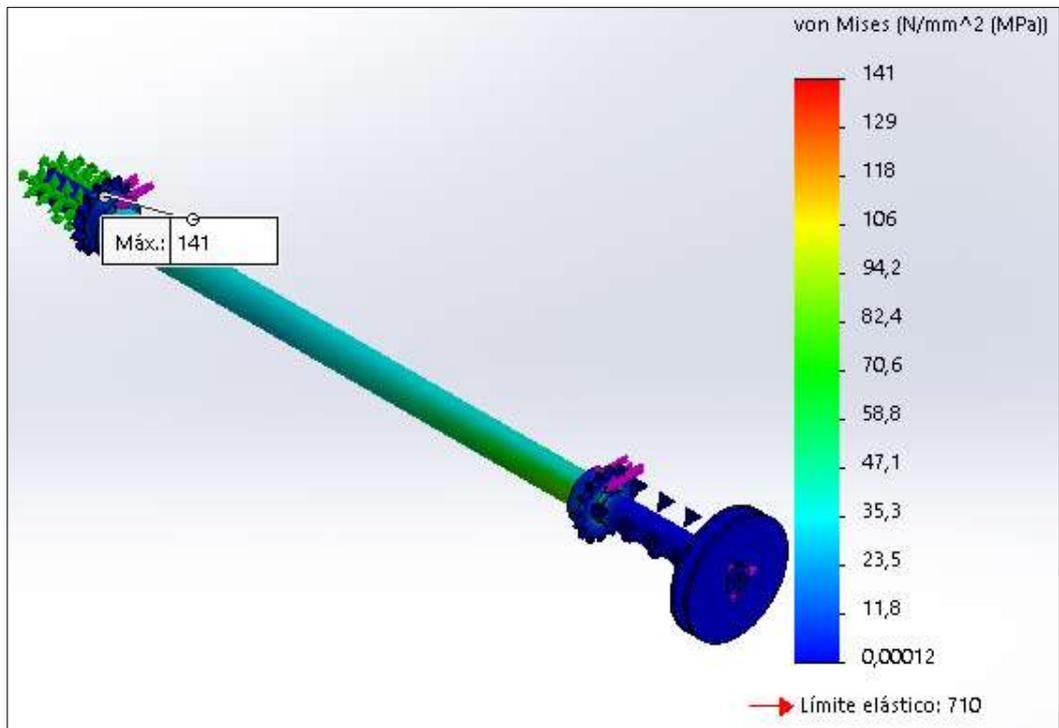
Simulación 1



En la simulación 1, se observa que la deformación máxima que se produce en el eje es de 0.42mm en el instante que actúan las fuerzas. Lo que significa que el eje no llegaría a fallar.

Tabla 5.11. Simulación de Von Mises del eje motriz de la primera sección.

Simulación 2



En la simulación 2, mediante el desarrollo de la teoría de fallas de Von Mises, se aprecia que el límite de elasticidad máximo en el eje es de 141 MPa, lo que significa que el eje estará correctamente diseñado.

Tabla 5.12. Simulación del factor de seguridad del eje motriz de la primera sección.

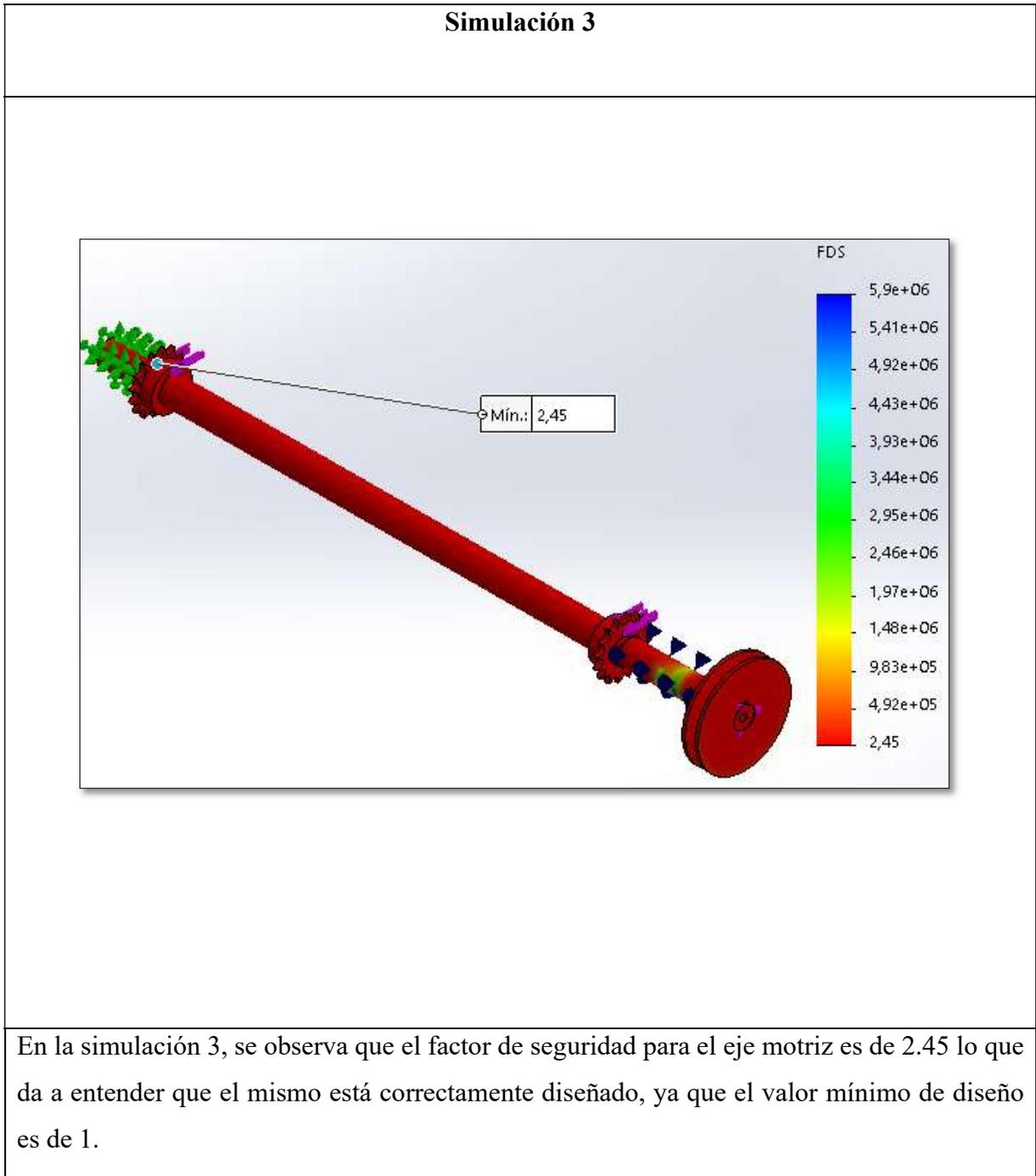
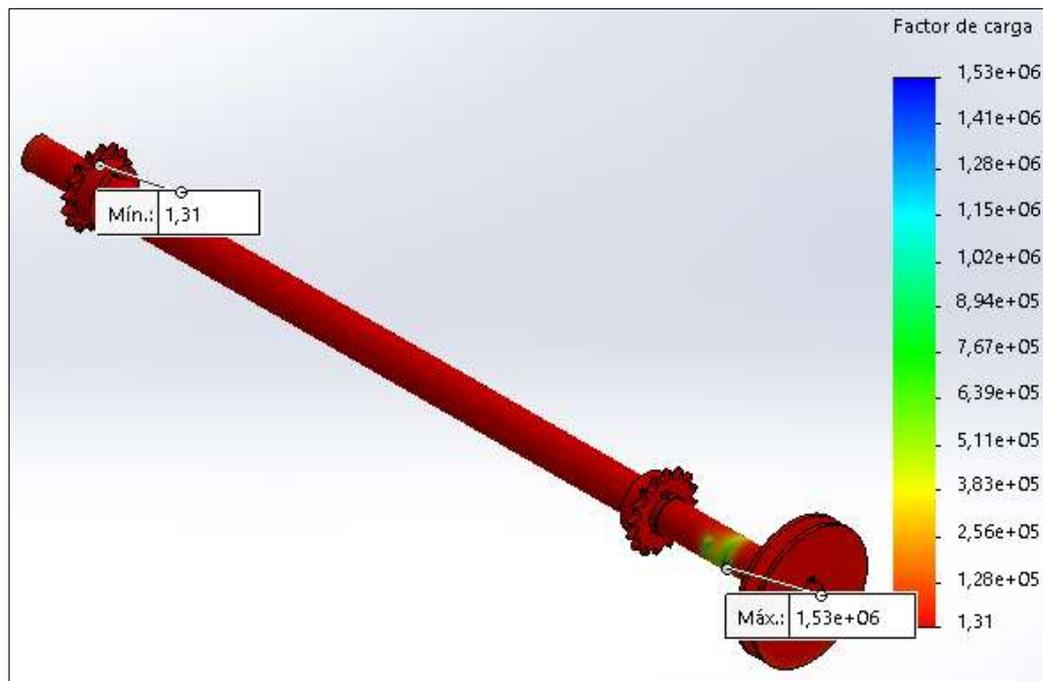


Tabla 5.13. Simulación del factor de carga del eje motriz de la primera sección.

Simulación 4



En la siguiente simulación, se puede observar que el factor de carga del eje motriz máximo es de 1.53×10^6 lo que significa que el mismo no recibiría daño excesivo de fatiga en el instante que actuen las cargas.

5.5 ANÁLISIS CAE DE LA CATALINA

En las siguientes tablas, se observan los resultados obtenidos mediante la aplicación de elementos finitos en lo que respecta al análisis de fallas, teniendo como objetivo la verificación de los resultados, para la toma de decisiones con respecto a su mecanizado.

Tabla 5.14. Simulación de la catalina.

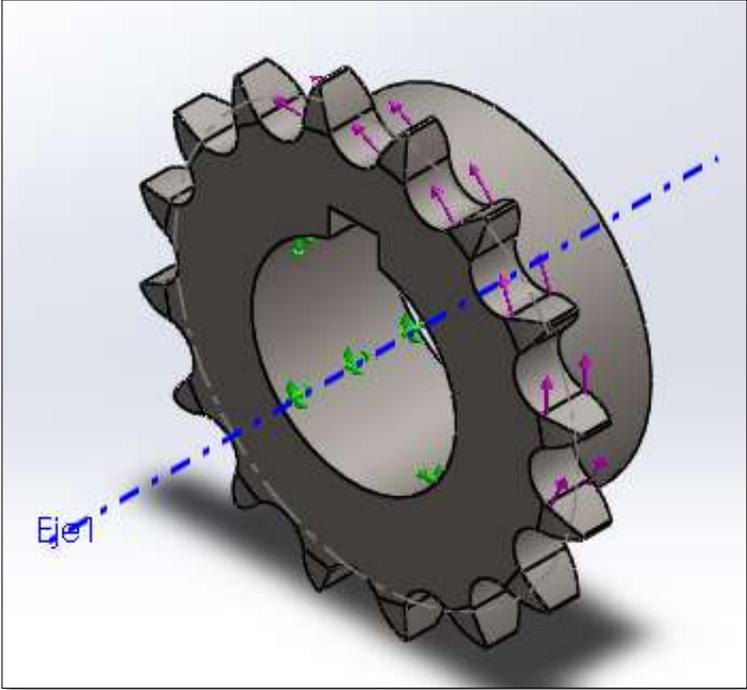
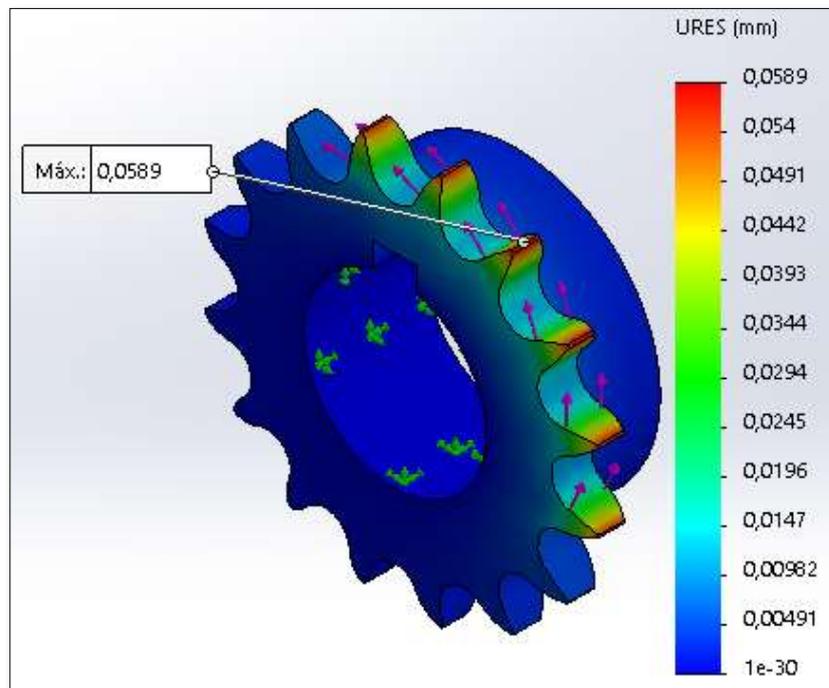
Simulación de las catalinas
 A 3D CAD model of a gear is shown. The gear is dark grey with a central hole. A blue dashed line represents the axis of rotation, labeled 'Eje1' at the bottom left. Several pink arrows point radially outward from the teeth of the gear, representing applied forces. Green arrows are visible on the inner surface of the gear, likely representing reaction forces or constraints.
Para la simulación de la catalina se aplicará una fuerza de 2320 N, la cual actúa al instante de mover la cadena para transmitir el movimiento.

Tabla 5.15. Simulación de deformación en la catalina.

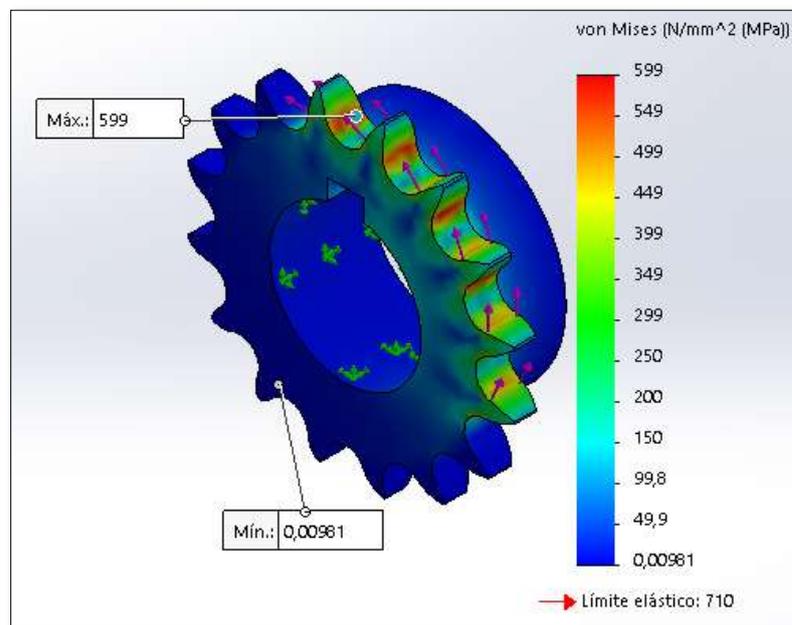
Simulación 1



En la simulación 1, se muestra que el valor de deformación en la catalina es de 0.0589mm en la parte de los dientes de la misma, lo que significa que no tendría falla.

Tabla 5.16. Simulación de Von Mises en la catalina.

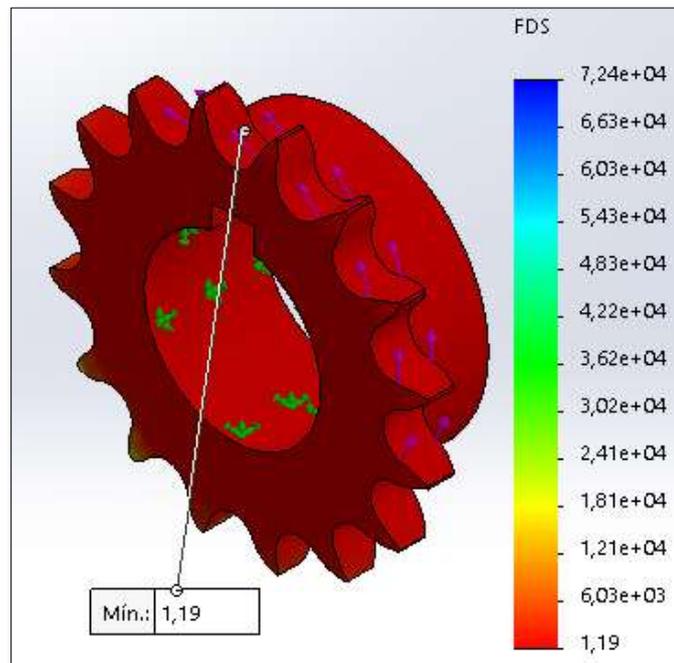
Simulación 2



En la simulación 2, se observa que el límite máximo de Von Mises es de 599 MPa, por lo que puede concluir que no supera el límite de elasticidad de 710 MPa.

Tabla 5.17. Simulación del factor de seguridad en la catalina.

Simulación 3



La simulación 3, indica que el factor de seguridad para la catalina es de 1.19, lo que significa que está en el rango de 1 que es el recomendable para que no exista falla.

5.6 ANÁLISIS CAE DEL EJE MOTRIZ (SEGUNDA SECCIÓN)

A continuación, se realizará el análisis CAE en el eje motriz de la segunda sección de la máquina, para lo cual se analizarán, deformaciones, teoría de Von Mises, fatiga y factor de seguridad, con la finalidad de verificar que el mismo este correctamente diseñado y aprobado para su respectiva construcción.

Tabla 5.18. Simulación del eje motriz de la segunda sección.

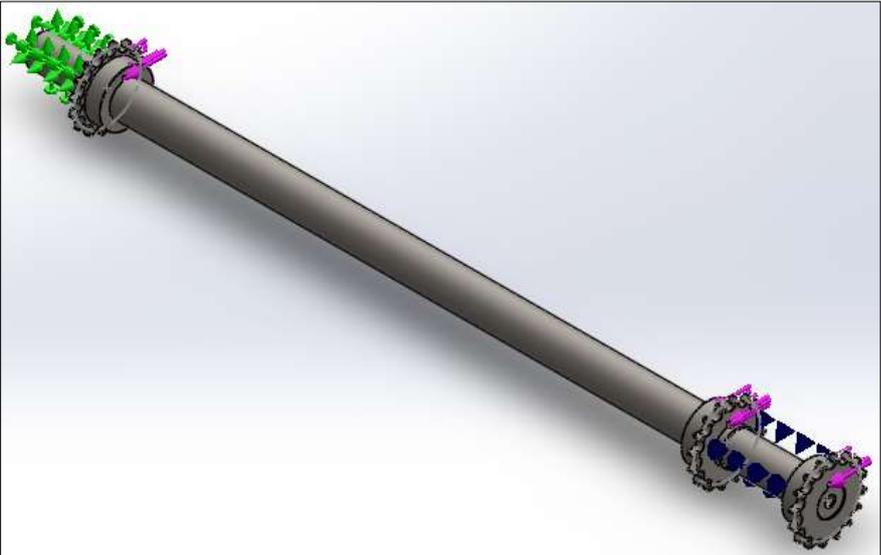
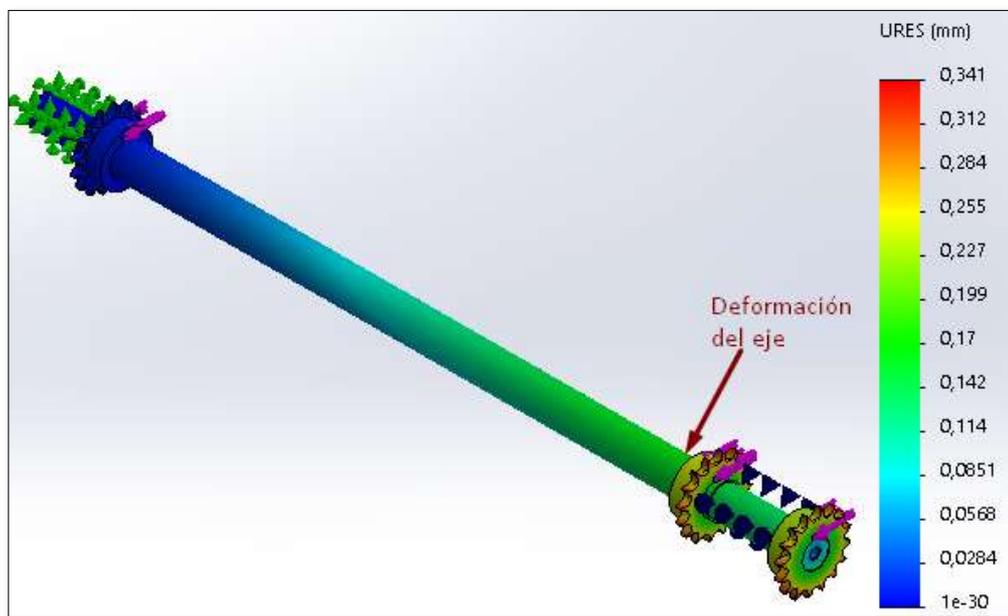
Simulación del segundo eje motriz
 A 3D CAD model of a shaft assembly, likely a motor shaft, shown in a perspective view. The shaft is a long, cylindrical metal component. At the left end, there is a gear or pulley with a green mesh-like structure. At the right end, there is a more complex assembly including a gear, a pulley, and a blue and white striped component. The model is rendered in a dark gray color with some highlights and shadows, set against a light gray background.
De acuerdo al dimensionamiento del eje mediante ecuaciones matemáticas este deberá soportar un torque de 56.067 Nm y fuerzas ejercidas en las catalinas de 2320N, dicho valor se colocará en el software CAE para verificar sus valores de simulación.

Tabla 5.19. Simulación de deformación máxima del eje motriz de la segunda sección.

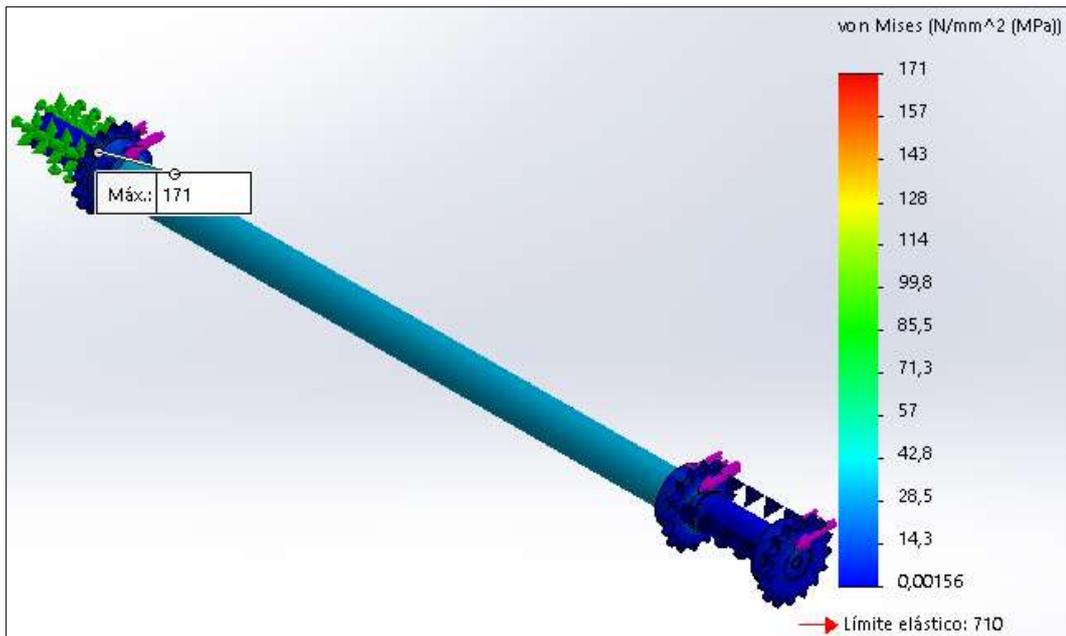
Simulación 1



En la simulación 1, se observa que la deformación máxima que se produce en el eje es de 0.14mm en el instante que actúan las fuerzas. Lo que significa que el eje no llegaría a fallar.

Tabla 5.20. Simulación de Von Mises del eje motriz de la segunda sección.

Simulación 2



En la simulación 2, mediante el desarrollo de la teoría de fallas de Von Mises, se aprecia que el límite de elasticidad máximo en el eje es de 171 MPa, por lo que se demuestra que no supera el límite de elasticidad del material.

Tabla 5.21. Simulación de factor de seguridad del eje motriz de la segunda sección.

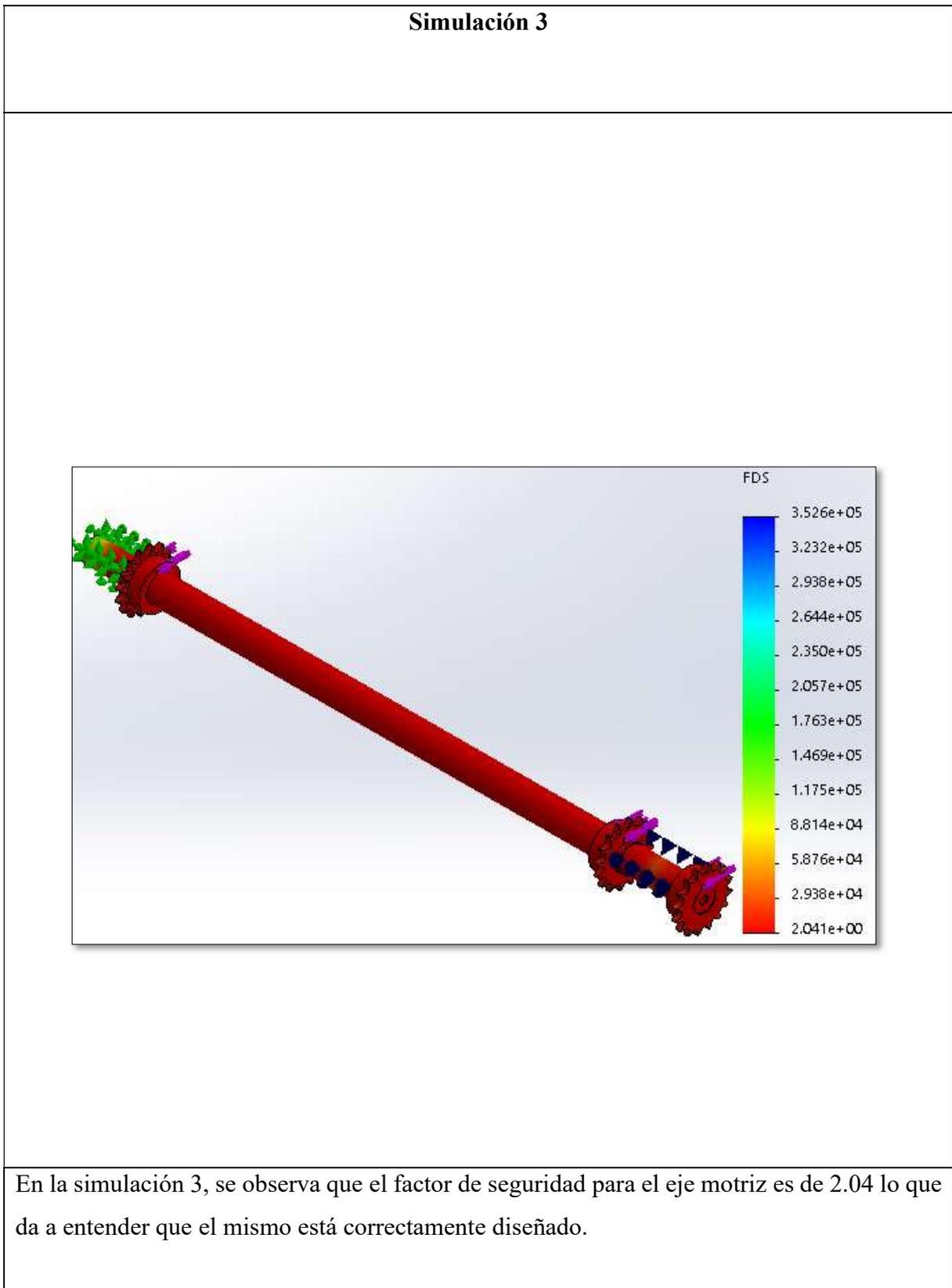
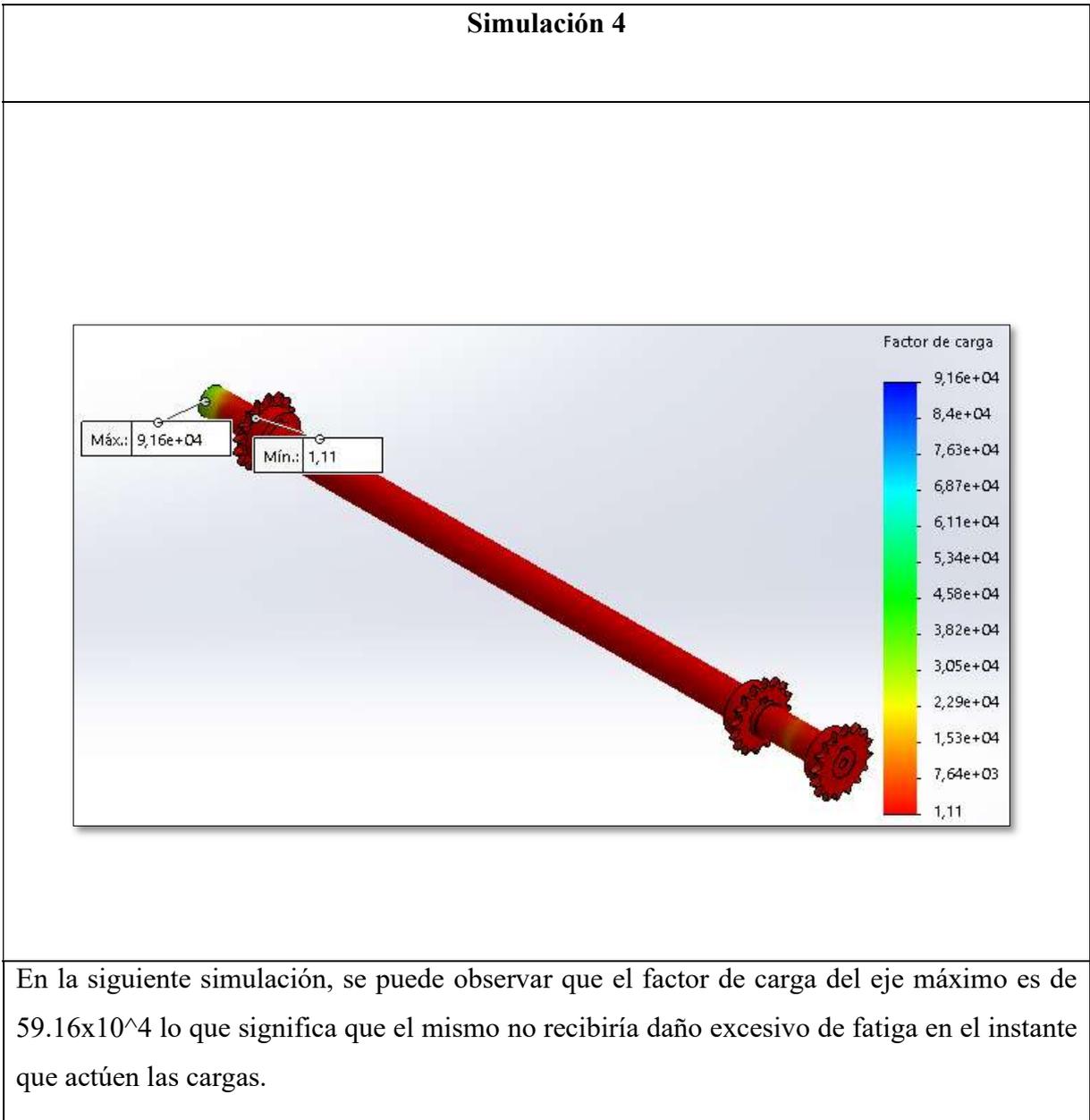


Tabla 5.22. Simulación de factor de carga del eje motriz de la segunda sección.



5.7 PRESUPUESTO

Se procedió a detallar todos los materiales e instrumentos que se necesitaron para el desarrollo del proyecto, dando así a conocer un estimado de los montos a cubrir por la elaboración de la máquina clasificadora de tomate.

Tabla 5.23. Presupuesto de la mano de obra.

COSTOS DE MANO DE OBRA	
DESCRIPCIÓN	COSTOS (\$)
MECANIZADO DE LA MÁQUINA	980
COSTOS DE INGENIERÍA	630
CONEXIONES ELÉCTRICAS	80
TRANSPORTE	75
TOTAL	1765

Tabla 5.24. Presupuesto de los materiales empleados.

MATERIALES QUE SE EMPLEARON EN LA MÁQUINA			
MATERIALES	PRECIO UNI.	CANTIDAD	PRECIO TOTAL
PERNOS	1,2	34	40,8
EJES	18,6	14	260,4
CHUMACERAS	8,75	16	140
CATALINAS	2,8	18	50,4
CADENAS	7,28	7	50,96
TUBO	23	18	414
POLEAS VARIAS	8,75	6	52,5
BANDAS	9,5	3	28,5
TOL	32,5	9	292,5
MOTOR	112	1	112
CABLE	7,5	2	15
CONTACTOR	14	1	14
RELÉ	38,5	1	38,5
PULSADOR	2,25	2	4,5
PINTURA	95	1	95
BREAKER	15	1	15
TOTAL			1624,06

De acuerdo al análisis de las tablas 5.23 y 5.24 se puede conocer que la inversión del proyecto es de \$3389.06. En las cuales están contemplados la mano de obra y materiales utilizados en el proyecto.

5.8 ANÁLISIS DE IMPACTO

5.8.1 Impacto tecnológico

La implementación de la máquina clasificadora de tomate riñón aportará en la optimización del tiempo de los agricultores puesto que es fundamental reducir los tiempos de clasificación, de este cultivo. Para este sistema se acoplarán ejes de 8 mm de diámetro de acero AISI 304, se deberá torneear las puntas de los ejes para obtener el diámetro exacto, obteniendo la distancia entre ejes a consecuencia de que se requiere que caigan los tomates de cada tamaño en sus respectivas secciones. De esta manera, se obtiene las dimensiones requeridas del cultivo, mejorando el rendimiento en esta etapa de la postcosecha de los productores de forma eficiente.

5.8.2 Impacto económico

De acuerdo al análisis de las tablas 5.25 y 5.26 se dará a conocer la producción de la máquina y la producción de los agricultores del sector en el proceso de clasificación del tomate. Según los datos recopilados del invernadero en el que se implementó el proyecto, son dos personas las que se dedican a la actividad de la clasificación del cultivo. Para determinar la producción de la máquina se tomaron en cuenta los datos obtenidos en los cálculos de producción en para cada sección teniendo que en la primera sección se clasifican 48 tomates en 108.48 segundos, en la segunda sección 35 tomates en 200.9 segundos y en la tercera 28 tomates en un tiempo de 236.88 segundos.

Tabla 5.25. Tabla de producción de la máquina.

PRODUCCIÓN DE LA MÁQUINA						
TOMATES	PRODUCCIÓN DE TOMATES (UNIDADES) EN 1 HORA	PESO (Kg)	PESO (lb)	Cajas	COSTOS UNITARIO (\$)	COSTO TOTAL (\$)
GRANDE	420	102,9	226,38	6,47	0,33	138,60
MEDIANO	627	110,98	244,15	6,98	0,25	156,75
PEQUEÑO	1600	240	528	15,09	0,20	320
TOTAL	2647	453,88	998,53	28,53	0,78	615,35

Tabla 5.26. Tabla de producción por personas.

PRODUCCIÓN DE LOS AGRICULTORES (DOS PERSONAS)						
TOMATES	PRODUCCIÓN DE TOMATES (UNIDADES) EN 1 HORA	PESO (Kg)	PESO (lb)	Cajas	COSTOS UNITARIO (\$)	COSTO TOTAL (\$)
GRANDE	126	30,87	67,91	1,94	0,33	41,58
MEDIANO	188,10	33,29	73,25	2,09	0,25	47,03
PEQUEÑO	480	72,00	158,40	4,53	0,20	96
TOTAL	794,10	136,16	299,56	8,56	0,78	184,61

Tabla 5.27. Tabla de comparaciones de producción.

Comparación de producción	
GANANCIA ECONÓMICA (\$)	430,75
PRODUCCIÓN CAJAS	19,97

5.8.2.1 Análisis de producción

Se analizó la producción diaria y semanal del invernadero en el que se aplicó el proyecto, para lo cual se calculan las inversiones que se realizan para sembrar y cosechar el cultivo en el sector.

Los agricultores compran sobres de 1000 semillas de tomate Pietro, los mismos que producirán este cultivo de diferentes diámetros y pesos, se tomará de referencia el peso promedio de los tomates del sector que es de 200 gr. En la tabla se puede observar que con ocho sobres de semillas se llegan a producir 110 cajas o 1.60 toneladas de tomates con una inversión de \$176.

Tabla 5.28. Inversión en semillas de tomate Pietro.

INVERSIÓN EN SEMILLAS									
SOBRES DE SEMILLAS	CANTIDAD DE SEMILLAS EN UN SOBRE	TOTAL SEMILLAS DE TOMATE	PESO (Kg)	PESO (lb)	PESO TOTAL (lb)	PESO (TONELADAS)	CAJAS	PRECIO UNIT. (\$)	PRECIO TOTAL (\$)
8	1000	8000	0,2	0,44	3520	1,60	110	22	176

Como se observa en la tabla 5.29 el lugar cuenta con 2000 m² destinados a la siembra del cultivo, los cuales están divididos en cuatro partes obteniendo 500 m², cada una de ellas tiene tomate cultivado en distintas etapas de maduración y tamaños, entonces se llegó a determinar que con 72 costales de abono que cubren 7 m² cada uno, se abastecerá el área de cultivo requerida con una inversión de \$576.

Tabla 5.29. Inversión en abono.

INVERSIÓN ABONO					
COSTALES DE 40 Kg	ABASTESIMIENTO DE UN COSTAL POR ÁREA EN METROS CUADRADOS	TOTAL DE ABASTECIMIENTO EN METROS CUADRADOS	TOTAL DEL ÁREA DE PRODUCCIÓN EN METROS CUADRADOS	COSTOS DE SACO PRECIO UNIT. (\$)	PRECIO TOTAL (\$)
72	7	504	2000	8	576

A continuación, se determinará la inversión en los sueldos de los obreros que laboran en el invernadero del sector de Yanayacu. Como se puede observar en la tabla 5.30 el lugar cuenta con personas que se dedican a cosechar y cultivar el tomate, también se dispone de personas que venden el producto en el mercado local de la provincia de Cotopaxi, obteniendo una inversión de \$2220 en sueldos.

Tabla 5.30. Inversión en sueldos.

SUELDO PERSONAL	
CARGOS	SUELDO (\$)
CLASIFICADOR/COSECHADOR 1	430
CLASIFICADOR/COSECHADOR 2	430
VENDEDOR 1	430
VENDEDOR 2	430
GASTOS VARIOS	500
TOTAL	2220

Con todos estos datos se determinó que se tiene una inversión de \$2972.

Una vez determinados los costos de inversión, se procedió a analizar la producción diaria y semanal del lugar, como se observa en las tablas 5.31 y 5.32 la producción diaria es de 37 cajas mientras que la producción semanal es de 93 cajas. El precio de cada caja es de \$8.76.

Tabla 5.31. Producción diaria.

PRODUCCIÓN DIARIA				
TIEMPO DE PRODUCCIÓN (h)	CANTIDAD DE PRODUCCIÓN (Kg) EN UNA HORA	TOTAL (Kg)	TOTAL (lb)	TOTAL DE CAJAS
4	136,16	544,65	1198,24	37,45

Tabla 5.32. Producción semanal.

PRODUCCIÓN SEMANAL						
DÍAS LABORABLES DE LA SEMANA	TOTAL (Kg)	TOTAL TONELADAS	TOTAL EN LIBRAS	TOTAL DE CAJAS	PRECIO UNI. CAJAS (\$)	PRECIO TOTAL (\$)
5	1361,64	1,36	2995,60	93,61	8,76	820,05

Obteniendo estos datos se tiene una producción mensual de \$3280.20

$$Ganancia\ total = producción\ mensual - inversión$$

$$Ganancia\ total = \$3280.20 - \$2972$$

$$Ganancia\ total = \$308.20$$

$$Ganancia\ anual = (\$308.20) * (12\ meses)$$

$$Ganancia\ anual = \$3698.40$$

El tiempo en que se recuperará la inversión de la máquina se lo determinó con el siguiente cálculo:

$$\text{tiempo en recuperar la inversión de la máquina} = \frac{\text{costo de la máquina}}{\text{ganancia total}}$$

$$\text{tiempo en recuperar la inversión de la máquina} = \frac{\$3389,06}{\$308,20}$$

$$\text{tiempo en recuperar la inversión de la máquina} = 10,99 \approx \mathbf{11 \text{ meses}}$$

Tabla 5.33. Cálculo del VAN y TIR.

	0	1	2	3	4	5
FLUJO DE FONDO	-3389,06	3698,4	3698,4	3698,4	3698,4	3698,4
SALDO ACTUALIZADO TASA ANUAL DEL 10 %	-3389,06	3362,18	3056,53	2778,66	2526,06	2296,42
SALDO ACTUALIZADO ACUMULADO	-3389,06	-26,88	3029,65	5808,31	8334,37	10630,79
TASA	10%					
VNA	\$14.019,85					
VAN	\$10.631					
TIR	106%					

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

- La velocidad con la que deben moverse las secciones clasificadoras no debe ser muy elevada para que no se estropee el tomate ni tampoco demasiado lenta para poder garantizar una producción adecuada, por lo tanto, se considera un rango de 50 a 65 RPM, es por ello que se utilizó una velocidad de 63.5 RPM la cual es una velocidad óptima para la clasificación del cultivo en este tipo de máquina.
- Mediante un análisis CAD/CAE en el software SolidWorks versión estudiantil se determinó que los elementos de la máquina tienen un diseño adecuado ya que el valor del factor de seguridad no supera el valor de 1 que es el mínimo con el que se debe trabajar. De igual manera el análisis de Von Mises y de deformaciones nos demuestran que los componentes mencionados no llegarán a fallar en el momento en que la máquina se encuentre operando.
- El recubrimiento de pintura epoxi que se aplicó en el material ASTM A36 evitará que sufra algún tipo de corrosión y produzca óxido que es una sustancia nociva para la salud, dicho recubrimiento está hecho a base de una resina de poliuretano el cual es recomendado para el manejo de alimentos que no están sometidos a altas temperaturas.
- La máquina produce 28 cajas mientras que dos obreros producen 8 en una hora de trabajo, comparando las producciones de acuerdo a los resultados se puede concluir que se tendrá \$430.75 más de producción con respecto a la mano de obra de dos personas. Por lo tanto, los agricultores mejorarían la etapa de clasificación con esta implementación debido a la sistematización de la máquina diseñada.

6.2 RECOMENDACIONES

- Para el manejo de alimentos en la industria es fundamental que los materiales con los que va a tener contacto el producto no contengan contaminantes tanto químicos como orgánicos, por lo cual se recomienda utilizar materiales que no emitan sustancias tóxicas o sufran algún tipo de corrosión o a su vez recubrir los mismos con una capa protectora que esté libre de sustancias que sean perjudiciales para la salud.

- Cuando se aplique un recubrimiento a base de polímeros en superficies metálicas es recomendable limpiar y pulir las mismas, a su vez utilizar varias capas de este producto una vez se hayan secado por completo las capas anteriores para garantizar mayor resistencia a arañazos y cambios ambientales como también asegurar un mayor tiempo de vida útil.
- Para mejorar la maquina en la parte de sistemas de transmisión se debe considerar la colocación de un motorreductor, ya que mediante el mismo se puede obtener ahorro en cuanto a mecanizado de diferentes piezas y rapidez en el momento de ensamblaje.
- Diseñar un sistema de nivelación para la máquina clasificadora de tomates, ya que así esta podría adaptarse a cualquier lugar en donde se vaya a ubicar sin problema. Además, tendría como ventaja que la maquina llegaría a quedarse más firme y a soportar mayor vibración.
- En la parte de control se recomienda hacer un sistema autónomo con la finalidad de incluir contadores para saber de manera exacta la producción de los días laborales, también de un sistema de compuerta automático para poder recolectar el producto.

7. BIBLIOGRAFÍA

- [1] D. Tene y J. Villagrán, «dspace.espoch.edu.ec,» 2017. [En línea]. Available: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/8071>. [Último acceso: 16 Noviembre 2021].
- [2] C. Jeres, «repositorio.utn.edu.ec,» 2017. [En línea]. Available: <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/8004>. [Último acceso: 17 Noviembre 2021].
- [3] F. León y A. Moreta, «repositorio.espe.edu.ec,» 2021. [En línea]. Available: <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/27371>. [Último acceso: 15 Diciembre 2021].
- [4] K. ESPINOZA y E. PAZMIÑO, «repositorio.puce.edu.ec,» NOVIEMBRE 2019. [En línea]. Available: <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/17648>. [Último acceso: 18 Diciembre 2021].
- [5] E. Guzmán, «Caracterización del Acero 1018 con tratamientos térmicos.,» *Researchgate*, 2018.
- [6] CATALOG, «NFPA.org,» 2021. [En línea]. Available: <https://catalog.nfpa.org/NFPA-70E-Norma-para-la-Seguridad-Elctrica-en-Lugares-de-Trabajo-2021-Español-P14455.aspx>. [Último acceso: 26 Diciembre 2021].
- [7] «normalizacion.gob.ec,» Servicio Ecuatoriano de Normalización, [En línea]. Available: [inen-promueve-norma-que-proporciona-un-sistema-de-gestion-de-calidad-integral-en-el-gobierno-local/](http://www.normalizacion.gob.ec/inen-promueve-norma-que-proporciona-un-sistema-de-gestion-de-calidad-integral-en-el-gobierno-local/). [Último acceso: 26 Diciembre 2021].
- [8] I. E. D. NORMALIZACIÓN, *CODIGO DE PRÁCTICA PARA MANIPULACIÓN DE ALIMENTOS*, Quito.
- [9] I. Instituto Ecuatoriano de Normalización, *HORTALIZAS FRESCAS. TOMATE RIÑÓN. REQUISITOS*, Quito.
- [10] S. Estrella, «repositorio.uteq.edu.ec,» 2019. [En línea]. Available: [bitstream/43000/3623/1/T-UTEQ-0159..](http://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/3623/1/T-UTEQ-0159..) [Último acceso: 26 Diciembre 2021].
- [11] L. Penelo, «Tomate: propiedades, beneficios y valor nutricional,» *La Vanguardia*, 24 Octubre 2018.
- [12] S. N. Redaccion, «Ocho variedades de tomate riñón están en los mercados locales,» *El Comercio*, 12 Marzo 2011.
- [13] «imporalaska,» [En línea]. Available: <https://www.imporalaska.com/tomates/tomate-hibrido-pietro#:~:text=Tomate%20larga%20vida%2C%20ligeramente%20redondeado,racimo%20co>

n%20excelente%20post%20cosecha. [Último acceso: 27 Diciembre 2021].

[14] P. Gaspar, «zagan.unizar.es» 2013. [En línea]. Available: <https://zagan.unizar.es/record/10535?ln=es#>. [Último acceso: 27 Diciembre 2021].

[15] C. Muñoz y H. Casallas, «ciencia.lasalle.edu.co» 2020. [En línea]. Available: https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_automatizacion/785. [Último acceso: 28 Diciembre 2021].

[16] O. Igno, «biblioteca.cio.mx» Diciembre 2010. [En línea]. Available: <http://cio.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1002/814>. [Último acceso: 28 Diciembre 2021].

[17] M. Angos y H. Calvopiña, «repositorio.espe.edu.ec» Octubre 2013. [En línea]. Available: <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/7480>. [Último acceso: 29 Diciembre 2021].

[18] R. Rodríguez, J. Medina y J. Tabares, CULTIVO MODERNO DEL TOMATE, Madrid: Mundi-Prensa Libros, S.A., 1989.

[19] R. Mott, DISEÑO DE ELEMENTOS DE MÁQUINAS, PEARSON EDUCACIÓN, México, 2006.

[20] C. Riba, Selección de materiales en el diseño de máquinas, Barcelona: EDICIONS UPC, 2008.

[21] M. Gil y J. Gonzales, «repository.usta.edu.co» 08 Octubre 2021. [En línea]. Available: <http://hdl.handle.net/11634/37733>. [Último acceso: 02 Enero 2022].

[22] R. Budynas y J. Keith, Diseño en ingeniería mecánica de Shigley, México D.F.: McGraw-Hill Interamericana, 2012.

[23] G. Manobanda y G. López, «repositorio.uta.edu.ec» 2018. [En línea]. Available: <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/29194>. [Último acceso: 03 Enero 2022].

[24] C. Nieto, R. López y O. Galvis, ELEMENTOS DE MÁQUINAS, Bogotá : SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE , 1985.

[25] J. Cortizo, J. Fernández, M. Fernández, E. Rodríguez, J. Sierra y R. Vijande, ELEMENTOS DE MÁQUINAS. TEORÍA Y PROBLEMAS, N.º 3 edición ed., Oviedo: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Oviedo, 2010.

[26] M. Cueva, «dspace.unl.edu.ec» 2020. [En línea]. Available: <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/23144>. [Último acceso: 05 Enero 2022].

[27] F. Sánchez, A. Pérez, J. Sancho y P. Rodríguez, MANTENIMIENTO MECÁNICO DE MÁQUINAS, Castelló: Publicacions de la Universitat Jaume I. , 2006.

- [28] H. Reinoso, M. Albarracín, F. Molina y J. Pino, TEORÍA BÁSICA DEL DISEÑO, Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi, 2017.
- [29] «Pintuco,» Septiembre 2020. [En línea]. Available: <https://pintuco.com.co/wp-content/uploads/2020/01/epoxi-poliamida.pdf>. [Último acceso: 18 febrero 2022].
- [30] L. Espín y H. Palomo, «Repositorio Digital Universidad Técnica de Cotopaxi,» septiembre 2020. [En línea]. Available: <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/8045>. [Último acceso: 05 febrero 2022].
- [31] DIPAC MANTA S.A., “Ejes Acero Inoxidable,” Rev. Acero Inox., p. 51, 2006, [Online]. Available: <http://www.cedinox.es/es/publicaciones/revista-acero-inoxidable/index.html>.
- [32] FAG, “Rodamientos FAG,” p. 1639, 2009, [Online]. Available: www.fag.com.
- [33] I. Martin, sprocket and gear, “Catálogo 4000,” p. 1253, 2013.

8. ANEXOS



FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ANEXO A: TABLAS DE PARÁMETROS MECÁNICOS. [22]

Tabla 6-2

Parámetros en el factor de la condición superficial de Marin, ecuación (6-19)

Acabado superficial	Factor a		Exponente b
	S_{utr} kpsi	S_{utr} MPa	
Esmerilado	1.34	1.58	-0.085
Maquinado o laminado en frío	2.70	4.51	-0.265
Laminado en caliente	14.4	57.7	-0.718
Como sale de la forja	39.9	272.	-0.995

De C. J. Noll y C. Lipson, "Allowable Working Stresses", en *Society for Experimental Stress Analysis*, vol. 3. núm. 2, 1946, p. 29. Reproducida por O. J. Horgner (ed.), *Metals Engineering Design ASME Handbook*, McGraw-Hill, Nueva York. Copyright © 1953 por The McGraw-Hill Companies, Inc. Reproducido con autorización.

Factor de tamaño k_b

El factor de tamaño se evaluó en 133 conjuntos de puntos de datos.¹⁵ Los resultados para flexión y torsión pueden expresarse como

$$k_b = \begin{cases} (d/0.3)^{-0.107} = 0.879d^{-0.107} & 0.11 \leq d \leq 2 \text{ pulg} \\ 0.91d^{-0.157} & 2 < d \leq 10 \text{ pulg} \\ (d/7.62)^{-0.107} = 1.24d^{-0.107} & 2.79 \leq d \leq 51 \text{ mm} \\ 1.51d^{-0.157} & 51 < d \leq 254 \text{ mm} \end{cases} \quad (6-20)$$

Para carga axial no hay efecto de tamaño, por lo cual

$$k_b = 1 \quad (6-21)$$

Factor de temperatura k_c

Cando se realizan los ensayos de fatiga con carga de flexión rotatoria, axial (empujar y jalar) y de torsión, los límites de resistencia a la fatiga difieren con S_{ut} . Este tema se analiza más adelante en la sección 6-17. Aquí, se especificarán valores medios del factor de carga como

$$k_c = \begin{cases} 1 & \text{flexión} \\ 0.85 & \text{axial} \\ 0.59 & \text{torsión}^{17} \end{cases} \quad (6-26)$$



FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ANEXO B: TABLAS DE VALORES. [22]

Tabla 6-4

Efecto de la temperatura de operación en la resistencia a la tensión del acero.* (S_T = resistencia a la tensión a la temperatura de operación; S_{RT} = resistencia a la tensión a temperatura ambiente; $0.099 \leq \sigma \leq 0.110$)

Temperatura, °C	S_T/S_{RT}	Temperatura, °F	S_T/S_{RT}
20	1.000	70	1.000
50	1.010	100	1.008
100	1.020	200	1.020
150	1.025	300	1.024
200	1.020	400	1.018
250	1.000	500	0.995
300	0.975	600	0.963
350	0.943	700	0.927
400	0.900	800	0.872
450	0.843	900	0.797
500	0.768	1 000	0.698
550	0.672	1 100	0.567
600	0.549		

*Fuente de datos: figura 2-9.

Tabla 6-5

Factores de confiabilidad k_a correspondientes a 8 desviaciones estándar porcentuales del límite de resistencia a la fatiga

Confiabilidad, %	Variación de transformación z_a	Factor de confiabilidad k_a
50	0	1.000
90	1.288	0.897
95	1.645	0.868
99	2.326	0.814
99.9	3.091	0.753
99.99	3.719	0.702
99.999	4.265	0.659
99.9999	4.753	0.620



FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ANEXO C: FACTORES DE SENSIBILIDAD. [22]

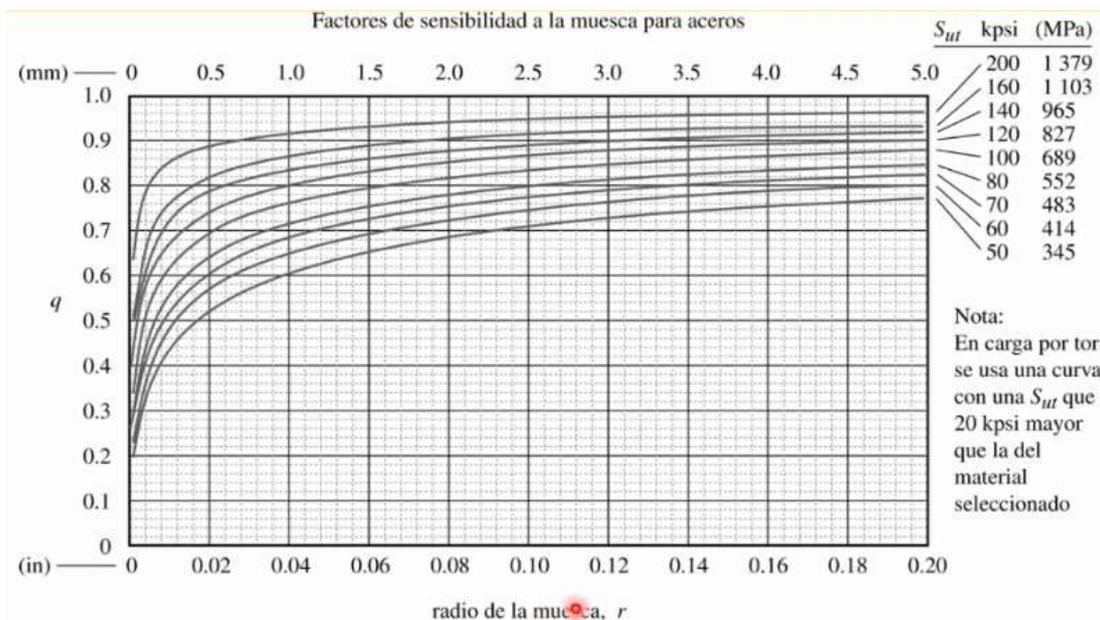
Tabla 7-1

Estimaciones de primera iteración de los factores de concentración del esfuerzo K_f .

Advertencia: Estos factores sólo son estimaciones que pueden usarse cuando las dimensiones reales aún no se determinan. No utilice estos valores cuando ya se cuente con las dimensiones reales.

	Flexión	Torsión	Axial
Filete de hombro: agudo ($r/d = 0.02$)	2.7	2.2	3.0
Filete de hombro: bien redondeado ($r/d = 0.1$)	1.7	1.5	1.9
Cuñero fresado ($r/d = 0.02$)	2.2	3.0	—
Cuñero de patín o trapezoidal	1.7	—	—
Ranura para anillo de retención	5.0	3.0	5.0

Los valores faltantes en la tabla no pueden obtenerse con facilidad.





FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ANEXO D: PROPIEDADES DEL ACERO AISI 304. [31]



COMPOSICIÓN QUÍMICA						
%C	%Si	%Mn	%P	%S	%Ni	%Cr
0 - 0,08	0 - 1	0 - 2	0 - 0,045	0 - 0,03	8 - 10.5	18 - 20

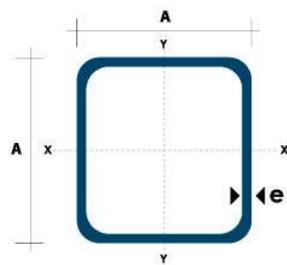
PROPIEDADES MECÁNICAS			
RESISTENCIA MECÁNICA (N/mm ²)	PUNTO DE FLUENCIA (N/mm ²)	Elongación % Min.	DUREZA ROCKWELL B
520	220	20	249 - 278

DIMENSIONES
DIÁMETRO
3/16"
1/4"
5/16"
3/8"
1/2"
5/8"
3/4"
1"
1-1/4"
1-1/2"
2"
2-1/2"
3"
3-1/2"
4"
5"
6"



FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ANEXO E: TUBO ASTM A36. [31]



Dimensiones			Área	Ejes X-Xe Y-Y		
A mm	Espesor mm (e)	Peso Kg/m	Área cm ²	I cm ⁴	W cm ³	I cm ³
20	1.2	0.72	0.90	0.53	0.53	0.77
20	1.5	0.88	1.05	0.58	0.58	0.74
20	2.0	1.15	1.34	0.69	0.69	0.72
25	1.2	0.90	1.14	1.08	0.87	0.97
25	1.5	1.12	1.35	1.21	0.97	0.95
25	2.0	1.47	1.74	1.48	1.18	0.92
30	1.2	1.09	1.38	1.91	1.28	1.18
30	1.5	1.35	1.65	2.19	1.46	1.15
30	2.0	1.78	2.14	2.71	1.81	1.13
40	1.2	1.47	1.80	4.38	2.19	1.25
40	1.5	1.82	2.25	5.48	2.74	1.56
40	2.0	2.41	2.94	6.93	3.46	1.54
40	3.0	3.54	4.44	10.20	5.10	1.52
50	1.5	2.29	2.85	11.06	4.42	1.97
50	2.0	3.03	3.74	14.13	5.65	1.94
50	3.0	4.48	5.61	21.20	4.48	1.91
60	2.0	3.66	3.74	21.26	7.09	2.39
60	3.0	5.42	6.61	35.06	11.69	2.34
75	2.0	4.52	5.74	50.47	13.46	2.97
75	3.0	6.71	8.41	71.54	19.08	2.92
75	4.0	8.59	10.95	89.98	24.00	2.87
100	2.0	6.17	7.74	122.99	24.60	3.99
100	3.0	9.17	11.41	176.95	35.39	3.94
100	4.0	12.13	14.95	226.09	45.22	3.89
100	5.0	14.40	18.36	270.57	54.11	3.84





UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

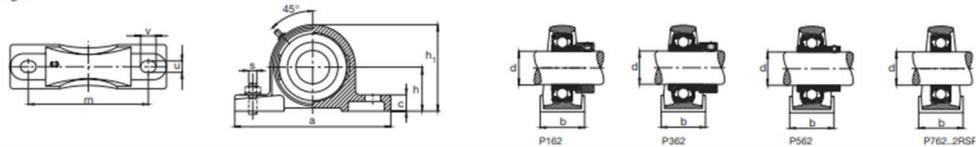


FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ANEXO F: CATÁLOGO DE CHUMACERAS. [32]

Unidades FAG de rodamientos S

Series P162, P362, P562, P762...2RSR
Soporte de pie de fundición gris



Eje	Dimensiones										Tornillos de fijación		Denominación abreviada			Peso ~ Unidad de rodamiento S kg
	d	a	b	c	h	h ₁	m	u	v	s	Unidad de soporte	Rodamiento con dispositivo de seguridad FAG	Soporte	FAG		
mm	in	mm								mm	in	FAG		FAG		
1	25.4	1.40	38	15	36.5	71	105	11.5	16	M10	1/2	P16205.100	16205.100	P205	0.917	
	25.4	1.40	38	15	36.5	71	105	11.5	16	M10	3/8	P36205.100	36205.100	P205	0.965	
	25.4	1.40	38	15	36.5	71	105	11.5	16	M10	1/4	P56205.100	56205.100	P205	0.888	
1 1/4	26.988	1.65	48	17	42.9	83	121	14	19	M12	1/2	P16206.101	16206.101	P206	1.33	
	26.988	1.65	48	17	42.9	83	121	14	19	M12	3/8	P36206.101	36206.101	P206	1.46	
	26.988	1.65	48	17	42.9	83	121	14	19	M12	1/4	P56206.101	56206.101	P206	1.35	
1 1/2	28.575	1.65	48	17	42.9	83	121	14	19	M12	1/2	P16206.102	16206.102	P206	1.31	
	28.575	1.65	48	17	42.9	83	121	14	19	M12	3/8	P36206.102	36206.102	P206	1.44	
	28.575	1.65	48	17	42.9	83	121	14	19	M12	1/4	P56206.102	56206.102	P206	1.33	
30	30	1.65	48	17	42.9	83	121	14	19	M12	1/2	P16206	16206	P206	1.3	
	30	1.65	48	17	42.9	83	121	14	19	M12	3/8	P36206	36206	P206	1.42	
	30	1.65	48	17	42.9	83	121	14	19	M12	1/4	P56206	56206	P206	1.31	
	30	1.65	48	17	42.9	83	121	14	19	M12	1/2	P76206.2RSR	76206.2RSR	P206	1.19	
1 3/4	30.163	1.65	48	17	42.9	83	121	14	19	M12	1/2	P16206.103	16206.103	P206	1.3	
	30.163	1.65	48	17	42.9	83	121	14	19	M12	3/8	P36206.103	36206.103	P206	1.42	
	30.163	1.65	48	17	42.9	83	121	14	19	M12	1/4	P56206.103	56206.103	P206	1.31	
1 1/2	31.75	1.65	48	17	42.9	83	121	14	19	M12	1/2	P16206.104	16206.104	P206	1.28	
	31.75	1.65	48	17	42.9	83	121	14	19	M12	3/8	P36206.104	36206.104	P206	1.4	
	31.75	1.65	48	17	42.9	83	121	14	19	M12	1/4	P56206.104	56206.104	P206	1.28	
	31.75	1.67	48	18	47.6	93	126	14	19	M12	1/2	P16207.104	16207.104	P207	1.78	
1 3/4	31.75	1.67	48	18	47.6	93	126	14	19	M12	3/8	P36207.104	36207.104	P207	1.94	
	31.75	1.67	48	18	47.6	93	126	14	19	M12	1/4	P56207.104	56207.104	P207	1.79	
	31.75	1.67	48	18	47.6	93	126	14	19	M12	1/2	P16207.105	16207.105	P207	1.77	
1 3/4	33.338	1.67	48	18	47.6	93	126	14	19	M12	3/8	P36207.105	36207.105	P207	1.92	
	33.338	1.67	48	18	47.6	93	126	14	19	M12	1/4	P56207.105	56207.105	P207	1.76	
1 1/2	34.925	1.67	48	18	47.6	93	126	14	19	M12	1/2	P16207.106	16207.106	P207	1.75	



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

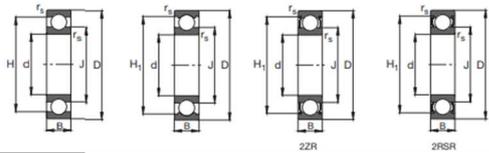


Ingeniería
Electromecánica

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ANEXO G: CATÁLOGO DE RODAMIENTOS FAG. [32]

Rodamientos FAG rígidos de bolas
de una hilera

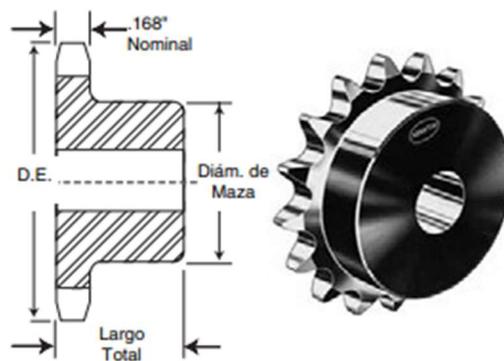


Capacidad de carga		Velocidad límite	Velocidad de referencia	Denominación abreviada	Medidas auxiliares		
dyn. C	stat. C ₀				Rodamiento	D ₁ min mm	D ₂ max	r_{9} max
kN		min ⁻¹		FAG			
12.7	6.55	15000	12000	6204	25.6	41.4	1
12.7	6.55	15000	12000	6204.W203B	25.6	41.4	1
12.7	6.55	15000	12000	6204.2ZR	25.6	41.4	1
12.7	6.55	10000	10000	6204.2RSR	25.6	41.4	1
12.7	6.55	10000	10000	6204.2RSR.W203B	25.6	41.4	1
12.7	6.55	10000	10000	62204.2RSR	25.6	41.4	1
16	7.8	32000	18000	6304	27	45	1
16	7.8	32000	18000	6304.W203B	27	45	1
16	7.8	14000	18000	6304.2ZR	27	45	1
16	7.8	9500	9500	6304.2RSR	27	45	1
16	7.8	3200	3200	62304.2RSR	27	45	1
30.5	15	26000	15000	6404	29	63	1
7.2	4.85	19000	14000	16005	27	45	0.3
10	5.85	32000	17000	6005	28.2	43.8	0.6
10	5.85	32000	17000	6005.W203B	28.2	43.8	0.6
10	5.85	15000	17000	6005.2ZR	28.2	43.8	0.6
10	5.85	10000	10000	6005.2RSR	28.2	43.8	0.6
10	5.85	10000	10000	6005.2RSR.W203B	28.2	43.8	0.6
14	7.8	17000	17000	6205	30.6	46.4	1
14	7.8	17000	17000	6205.W203B	30.6	46.4	1
14	7.8	14000	17000	6205.2ZR	30.6	46.4	1
14	7.8	9000	9000	6205.2RSR	30.6	46.4	1
14	7.8	9000	9000	6205.2RSR.W203B	30.6	46.4	1
14	7.8	3000	3000	62205.2RSR	30.6	46.4	1
22.4	11.4	25000	15000	6305	32	55	1
22.4	11.4	25000	15000	6305.W203B	32	55	1
22.4	11.4	11000	15000	6305.2ZR	32	55	1
22.4	11.4	7500	7500	6305.2RSR	32	55	1
22.4	11.4	7500	7500	6305.2RSR.W203B	32	55	1
22.4	11.4	7500	7500	62305.2RSR	32	55	1
36	19.3	22000	14000	6405	36	69	1.5
11.2	7.35	16000	12000	16006	32	53	0.3
12.7	8	32000	15000	6006	34.6	50.4	1
12.7	8	32000	15000	6006.W203B	34.6	50.4	1
12.7	8	13000	15000	6006.2ZR	34.6	50.4	1
12.7	8	8500	8500	6006.2RSR	34.6	50.4	1



FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ANEXO H: CATÁLOGO DE CATALINAS. [33]



TIPO B

TIPO B

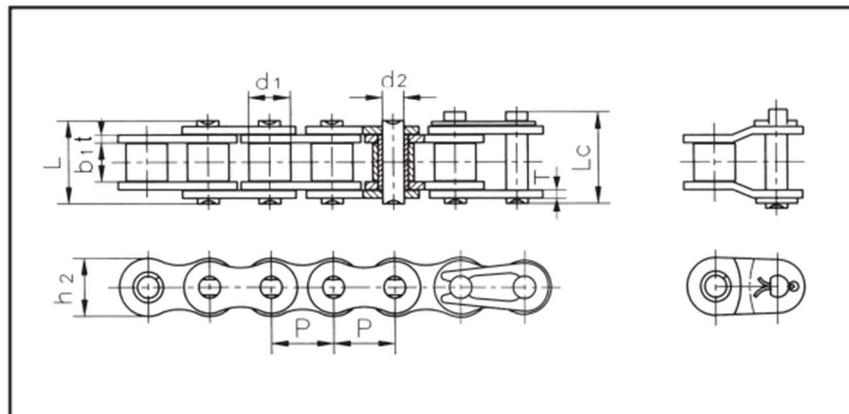
Sencillo - Tipo B

No. de Dientes	Número de Parte	Diámetro Exterior	Tipo	Barreno (Pulg.)		Maza (Pulg.)		Peso Aprox. (lb)
				Piloto	Máx.	Diámetro	Largo Total	
8	35B8	1.130	B	$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{8}$ ★	$\frac{3}{8}$	.07
9	35B9	1.260	B	$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{7}{16}$ ★	$\frac{3}{8}$	.09
10	35B10	1.380	B	$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{7}{16}$ ★	$\frac{3}{8}$	.14
11	35B11	1.500	B	$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{8}$	$1\frac{1}{16}$ ★	$\frac{3}{8}$	.17
12	35B12	1.630	B	$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{8}$	$1\frac{1}{8}$ ★	$\frac{3}{8}$	.20
13	35B13	1.750	B	$\frac{3}{8}$	$\frac{7}{16}$	$1\frac{1}{8}$ ★	$\frac{3}{8}$	.23
14	35B14	1.870	B	$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{8}$	$1\frac{1}{8}$	$\frac{3}{8}$	.25
15	35B15	1.990	B	$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{8}$	$1\frac{1}{8}$	$\frac{3}{8}$	.29
16	35B16	2.110	B	$\frac{3}{8}$	$\frac{7}{16}$	$1\frac{1}{8}$	$\frac{3}{8}$	.35
17	35B17	2.230	B	$\frac{3}{8}$	$1\frac{1}{16}$	$1\frac{1}{8}$	$\frac{3}{8}$	.42
18	35B18	2.350	B	$\frac{3}{8}$	$1\frac{1}{16}$	$1\frac{1}{8}$	$\frac{3}{8}$	.48
19	35B19	2.470	B	$\frac{3}{8}$	$1\frac{1}{8}$	$1\frac{1}{8}$	$\frac{3}{8}$	.54



FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ANEXO I: CATÁLOGO DE CADENAS. [33]



DIN ISO N° Cadena	Paso	Diámetro del rodillo	Longitud entre las placas interiores	Diámetro del pasador	Longitud del pasador	Profundidad de la placa interior	Resistencia max. a la tracción	Resistencia media a la tracción	Peso por metro	
DIN ISO Chain No.	Pitch	Roller diameter	Width between inner plates	Pin diameter	Pin length	Inner plate depth	Ultimate tensile strength	Average tensile strength	Weight per meter	
N° de chaîne DIN ISO	Pas	Diamètre du rouleau	Largeur entre les plaques intérieures	Diamètre de la goupille	Longueur de la goupille	Profondeur de la plaque intérieure	Résistance maximum à la traction	Résistance moyenne à la traction	Poids par mètre	
	P mm	d1 max mm	b1 min mm	d2 max mm	L max mm	Lc max mm	h2 max mm	Q min kN	Qo kN	q kg/m
04B-1	6,00	4,00	2,80	1,85	6,80	7,80	5,00	3,00	3,20	0,11
05B-1	8,00	5,00	3,00	2,31	8,20	8,90	7,10	5,00	5,80	0,20
*06B-1	9,525	6,35	5,72	3,28	13,15	14,10	8,20	9,00	10,00	0,41
08B-1	12,70	8,51	7,75	4,45	16,70	18,20	11,80	18,00	19,30	0,69
10B-1	15,875	10,16	9,65	5,08	19,50	20,90	14,70	22,40	26,50	0,93
12B-1	19,05	12,07	11,68	5,72	22,50	24,20	16,00	29,00	32,20	1,15
16B-1	25,40	15,88	17,02	8,28	36,10	37,40	21,00	60,00	70,50	2,71
20B-1	31,75	19,05	19,56	10,19	41,30	45,00	26,40	95,00	101,30	3,70
24B-1	38,10	25,40	25,40	14,63	53,40	57,80	33,20	160,00	174,00	7,10
28B-1	44,45	27,94	30,99	15,90	65,10	69,50	36,70	200,00	214,00	8,50
32B-1	50,80	29,21	30,99	17,81	66,00	71,00	42,00	250,00	267,50	10,25
40B-1	63,50	39,37	38,10	22,89	82,20	89,20	52,96	355,00	379,80	16,35
48B-1	76,20	48,26	45,72	29,24	99,10	107,00	63,80	560,00	599,20	25,00



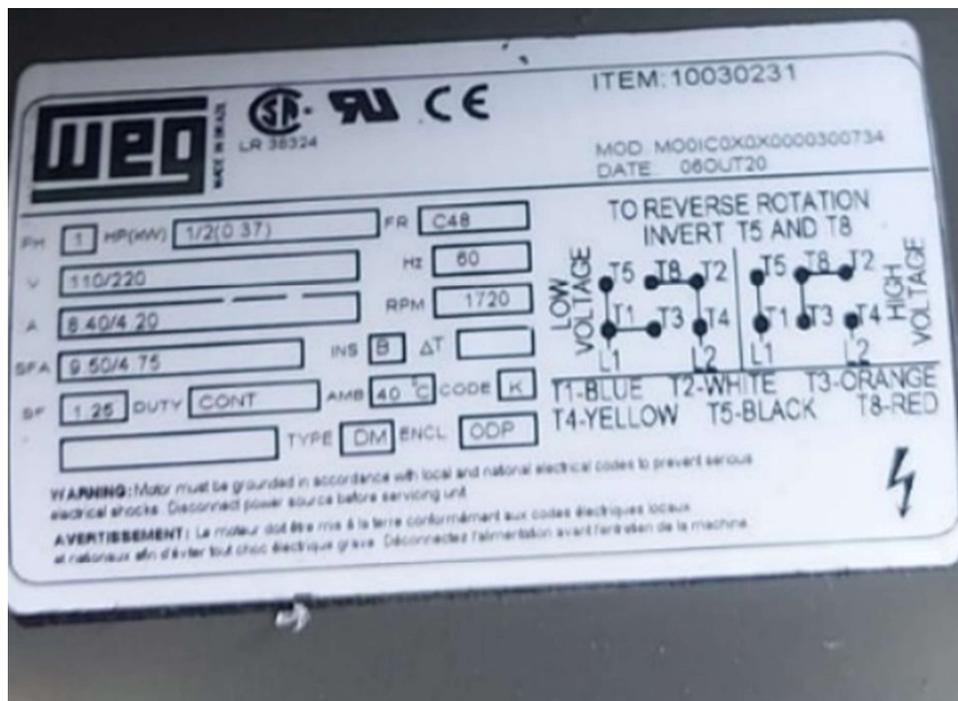
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE
COTOPAXI



Ingeniería
Electromecánica

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ANEXO J: PLACA DE CARACTERÍSTICAS DEL MOTOR.





FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ANEXO K: CATÁLOGO DE CALIBRE DEL CONDUCTOR.



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Todos los conductores fabricados por ELECTROCABLES C.A. cumplen con holgura las especificaciones establecidas en las normas de fabricación existentes para cada tipo y que son las siguientes:

Aislante de Material termoplástico, PVC 600 V. - 90 °C

Chaqueta de Nylon

Calibre AWG ó MCM	Sección mm ²	FORMACION No. de hilos por diámetro en mm.	ESPEJOR	ESPEJOR	DIAM. EXTERIOR mm	PESO TOTAL Kg/Km	Capacidad de corriente		TIPO CABLE	Altern. de ambal.
			ASLAW. mm	CHAQUETA mm			Para 1 cond. al aire libre Amp.	Para 3 cond. en conduit Amp.		
20	0.519	1 x 0.813	0.38	0.10	1.77	7.07	15	10	TFN	A,B
18	0.823	1 x 1.02	0.38	0.10	1.98	10.94	15	10	TFN	A,B
16	1.31	1 x 1.29	0.38	0.10	2.25	16.48	20	15	TFN	A,B
14	2.08	1 x 1.63	0.38	0.10	2.59	23.17	35	25	THHH	A,B
12	3.31	1 x 2.05	0.38	0.10	3.01	34.16	40	30	THHH	A,C
10	5.26	1 x 2.59	0.51	0.10	3.81	55.04	55	40	THHH	A,D
8	8.34	1 x 3.26	0.76	0.13	5.04	91.22	80	55	THHH	A,B
16	1.31	19 x 0.30	0.38	0.10	2.46	17.95	20	15	TFN	A,B
14	2.08	19 x 0.38	0.38	0.10	2.86	23.80	35	25	THHH	A,B
12	3.31	19 x 0.47	0.38	0.10	3.31	35.70	40	30	THHH	A,C
10	5.26	19 x 0.60	0.51	0.10	4.22	56.20	55	40	THHH	A,D
8	8.37	7 x 1.23	0.76	0.13	5.47	93.70	80	55	THHH	A,B,E
6	13.30	7 x 1.55	0.76	0.13	6.43	141.30	105	75	THHH	A,E



FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ANEXO L: TOMA DE MEDIDAS DEL TUBO.





**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE
COTOPAXI**



**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

ANEXO M: CORTE DEL TUBO.





**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE
COTOPAXI**



**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

ANEXO N: CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA.





**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE
COTOPAXI**



**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

ANEXO O: ESTRUCTURA DE LA SEGUNDA SECCIÓN.





**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE
COTOPAXI**



**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

ANEXO P: ESTRUCTURA VISTA FRONTAL.





**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE
COTOPAXI**



**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

ANEXO Q: ESTRUCTURA ENSAMBLADA.





**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE
COTOPAXI**



**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

ANEXO R: IMPLEMENTACIÓN DE LAS CHUMACERAS Y EJES.



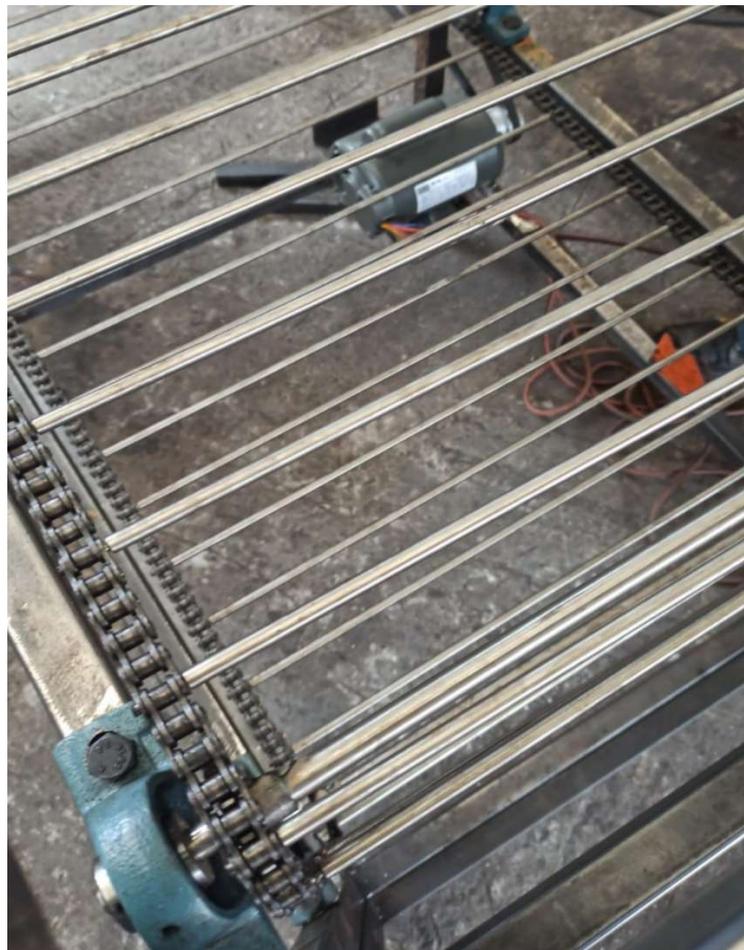


UNIVERSIDAD TÉCNICA DE
COTOPAXI



FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ANEXO S: PRIMERA SECCIÓN DE CLASIFICACIÓN.



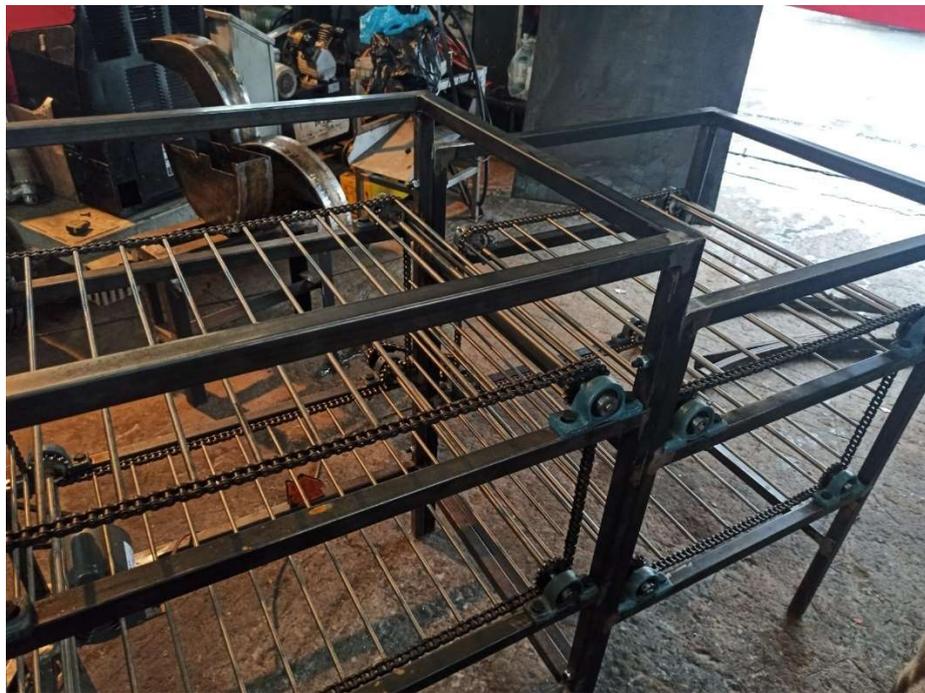


**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE
COTOPAXI**



**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

ANEXO T: ESTRUCTURA VISTA POSTERIOR.





UNIVERSIDAD TÉCNICA DE
COTOPAXI



FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ANEXO T: PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO.





**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE
COTOPAXI**



**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

ANEXO T: VISTA LATERAL DE LAS SECCIONES CLASIFICADORAS.





**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE
COTOPAXI**



**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

ANEXO T: CAJETÍN DE CONTROL ELÉCTRICO DE LA MÁQUINA.





FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ANEXO U: TABLA DE EVALUACIÓN POR CRITERIO CONFORME EL TIPO DE
MÁQUINA.

Criterio	Clasificación por tamaño	Sencilla operación	Costo asequible	Construida con materiales existentes en el mercado nacional	Fácil montaje y desmontaje de sus partes	Seguridad en la operación	Sencillo mantenimiento	$\Sigma+1$	Ponderado
Clasificación por tamaño	1	1	1	1	1	1	1	7.0	0.25
Sencilla operación	0	0.5	1	1	1	1	1	5.5	0.20
Costo asequible	0	0.5	1	1	1	1	1	5.5	0.20
Construida con materiales existentes en el mercado nacional	0	0	0	1	1	1	1	4.0	0.14
Fácil montaje y desmontaje de sus partes	0	0	0	0	0.5	1	1	2.5	0.09
Seguridad en la operación	0	0	0	0	0.5	1	1	2.5	0.09
Sencillo mantenimiento	0	0	0	0	0	0	1	1.0	0.03
TOTAL								28	1.00



FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ANEXO U: EVALUACIÓN DEL CRITERIO DE LA CLASIFICACIÓN POR
TAMAÑO.

Clasificación por Tamaño	MCTG	MCR	MCACF	MSRN	MCBTD	MCAM	$\Sigma+1$	Ponderado
MCTG	1	1	0.5	0.5	0.5	0.5	4.5	0.21
MCR	0.5	1	0.5	0.5	0.5	0.5	4.5	0.21
MCACF	0.5	0	1	0	0	0	1.5	0.08
MSRN	0.5	0	0	1	0	0	1.5	0.08
MCBTD	1	1	0.5	0.5	1	0.5	4.5	0.21
MCAM	1	1	0.5	0.5	0.5	1	4.5	0.21
TOTAL							21.0	1.00



FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ANEXO U: EVALUACIÓN DEL CRITERIO DE LA SENCILLA OPERACIÓN.

Sencilla Operación	MCTG	MCR	MCACF	MSRN	MCBTD	MCAM	$\Sigma+1$	Ponderado
MCTG		1	0	0	0	0	2.0	0.10
MCR	1		0.5	1	1	0.5	5.0	0.25
MCACF	1	1		0.5	0.5	0.5	4.5	0.20
MSRN	0	0	0		0	0	1.0	0.05
MCBTD	1	0.5	1	1		0.5	5.0	0.25
MCAM	1	0.5	1	0	0		3.5	0.15
TOTAL							21.0	1.00



FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ANEXO U: EVALUACIÓN DEL CRITERIO COSTO ASEQUIBLE.

Costo Asequible	MCTG	MCR	MCACF	MSRN	MCBTD	MCAM	$\Sigma+1$	Ponderado
MCTG	1	1	1	1	1	0.5	5.5	0.26
MCR	1	1	1	0.5	1	1	5.5	0.26
MCACF	1	0	1	0	0	0	2.0	0.09
MSRN	0	0	0	1	0	0	1.0	0.05
MCBTD	1	1	0	0	1	0	3.0	0.14
MCAM	1	1	0	1	0	1	4.0	0.20
TOTAL							21.0	1.00



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE
COTOPAXI



Ingeniería
Electromecánica

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ANEXO U: CRITERIO DE EVALUACIÓN MATERIALES EXISTENTES.

Materiales Existentes	MCTG	MCR	MCACF	MSRN	MCBTD	MCAM	$\Sigma+1$	Ponderado
MCTG		1	1	0.5	1	0.5	5.0	0.24
MCR	1		1	0.5	0.5	1	5.0	0.24
MCACF	1	0		0	0	0	2.0	0.10
MSRN	0	0	0		0	0	1.0	0.04
MCBTD	1	1	0	0		0	3.0	0.14
MCAM	1	1	0.5	1	0.5		5.0	0.24
TOTAL							21.0	1.00



FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ANEXO U: EVALUACIÓN DEL CRITERIO DE FÁCIL MONTAJE Y DESMONTAJE
DE SUS PARTES.

Fácil Montaje y Desmontaje	MCTG	MCR	MCACF	MSRN	MCBTD	MCAM	$\Sigma+1$	Ponderado
MCTG	1	1	1	1	1	0	5.0	0.24
MCR	1	1	1	1	1	1	6.0	0.28
MCACF	1	0	1	0	0	0	2.0	0.09
MSRN	0	0	0	1	0	0	1.0	0.05
MCBTD	1	1	0	0	1	0	3.0	0.14
MCAM	1	1	0	1	0	1	4.0	0.20
TOTAL							21.0	1.00



FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ANEXO U: EVALUACIÓN DEL CRITERIO DE LA SEGURIDAD EN LA
OPERACIÓN.

Seguridad en la Operación	MCTG	MCR	MCACF	MSRN	MCBTD	MCAM	$\Sigma+1$	Ponderado
MCTG		0	0	0	0	0	1.0	0.05
MCR	0		0	1	0.5	0.5	3.0	0.14
MCACF	0	1		1	1	1	5.0	0.25
MSRN	1	1	1		1	1	6.0	0.28
MCBTD	0	0	1	0.5		0.5	3.0	0.14
MCAM	0	0	1	0.5	0.5		3.0	0.14
TOTAL							21.0	1.00



FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ANEXO U: EVALUACIÓN DEL CRITERIO DEL SENCILLO MANTENIMIENTO.

Sencillo Mantenimiento	MCTG	MCR	MCACF	MSRN	MCBTD	MCAM	$\Sigma+1$	Ponderado
MCTG		1	1	0.5	1	0.5	5.0	0.24
MCR	1		1	0.5	0.5	1	5.0	0.24
MCACF	0	0		0	0	0	1.0	0.05
MSRN	1	0	0		0	0	2.0	0.09
MCBTD	1	1	0	0		0	3.0	0.14
MCAM	1	1	0.5	1	0.5		5.0	0.24
TOTAL							21.0	1.00



FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ANEXO V: FICHA TÉCNICA DE LA PINTURA EPOXICA. [26]

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

PROPIEDAD	RANGO		UNIDADES
Acabado	Semi-brillante		
Peso neto por galón Comp. A (varía según color)	5.41	5.71	kg/gal
Peso neto por ¼ de galón Comp. B	0.95		kg
Sólidos por volumen	45	50	%
Mezcla por volumen	3:1 x volumen (Pintura /Catalizador)		
Espesor seco recomendado	50	75	Micrones
Rendimiento teórico a 25 micrones película seca	67	75	m ² /gal
Método de aplicación	Brocha o rodillo		
Ajustador o thinner Pintuco recomendado para la dilución	10255777x galón, 10015603 x caneca de 5 galones y 10017264 x tambor de 55 galones (ref. 121209)		
Tiempo de vida útil de la mezcla	8		Horas 25°C
Punto de chispa copa abierta	Componente A: 58° C	Componente B: 55° C	TCC
V.O.C	Componente A: 420-470	Componente B: 447	g/l (ASTM D-3960)

PLANOS

1

2

3

4

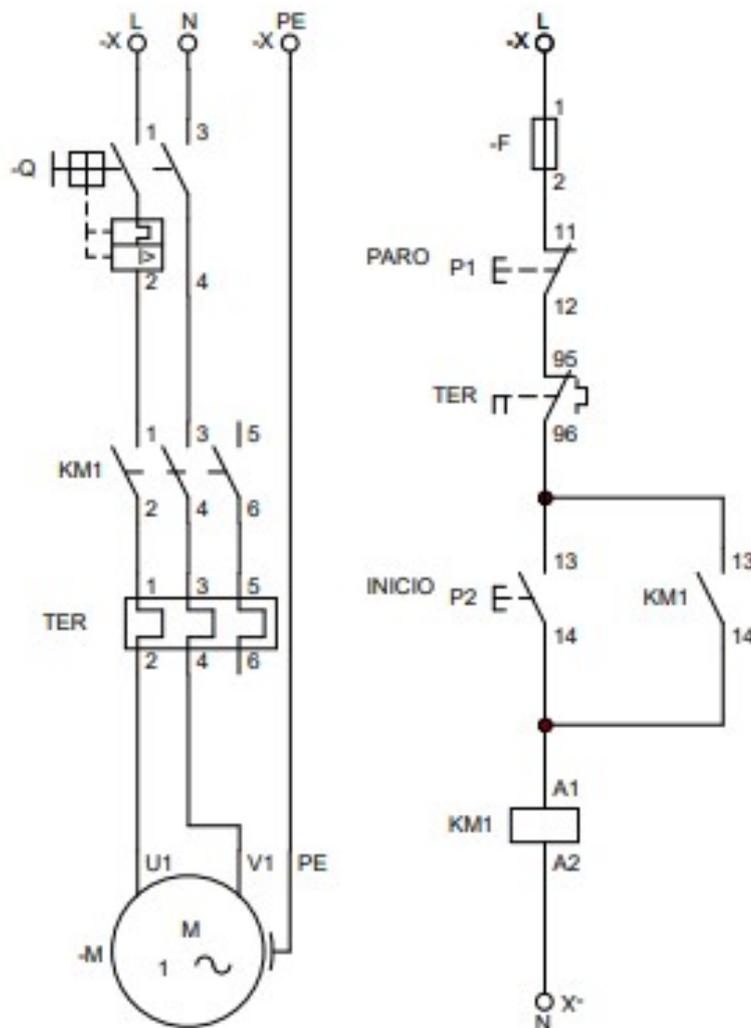
A

B

C

D

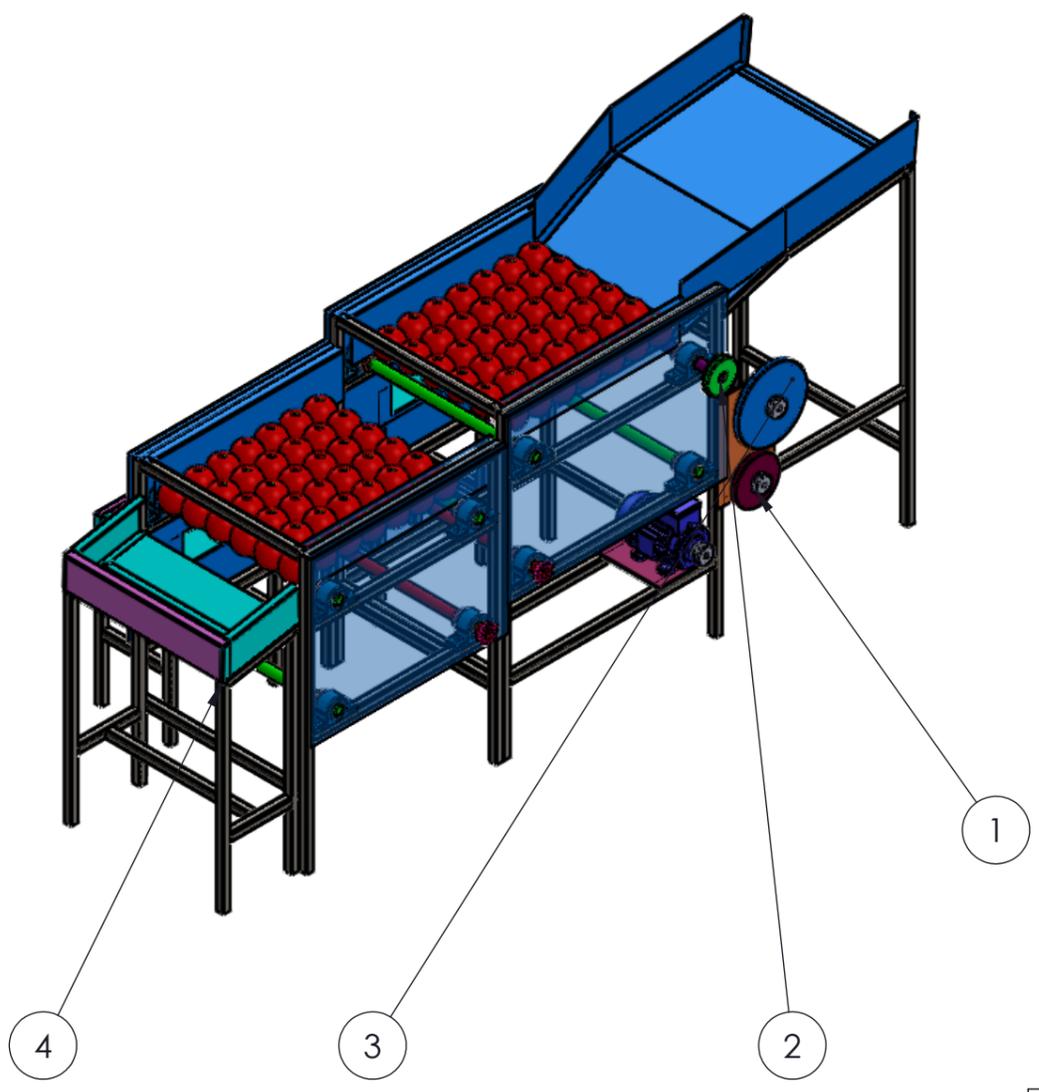
E



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



	Fecha:	Nombres:		Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA		
Dib.	21/02/22	Molina Darling					
Rev.	21/02/22	Ing. Luigi Freire					
Apro.		DOCENTE		1:1			
Material:		Tolerancias:		Número Lámina:	Asignatura:	Denominación:	ARRANQUE MOTOR
Eléctrico		+-1		1	Titulación II		



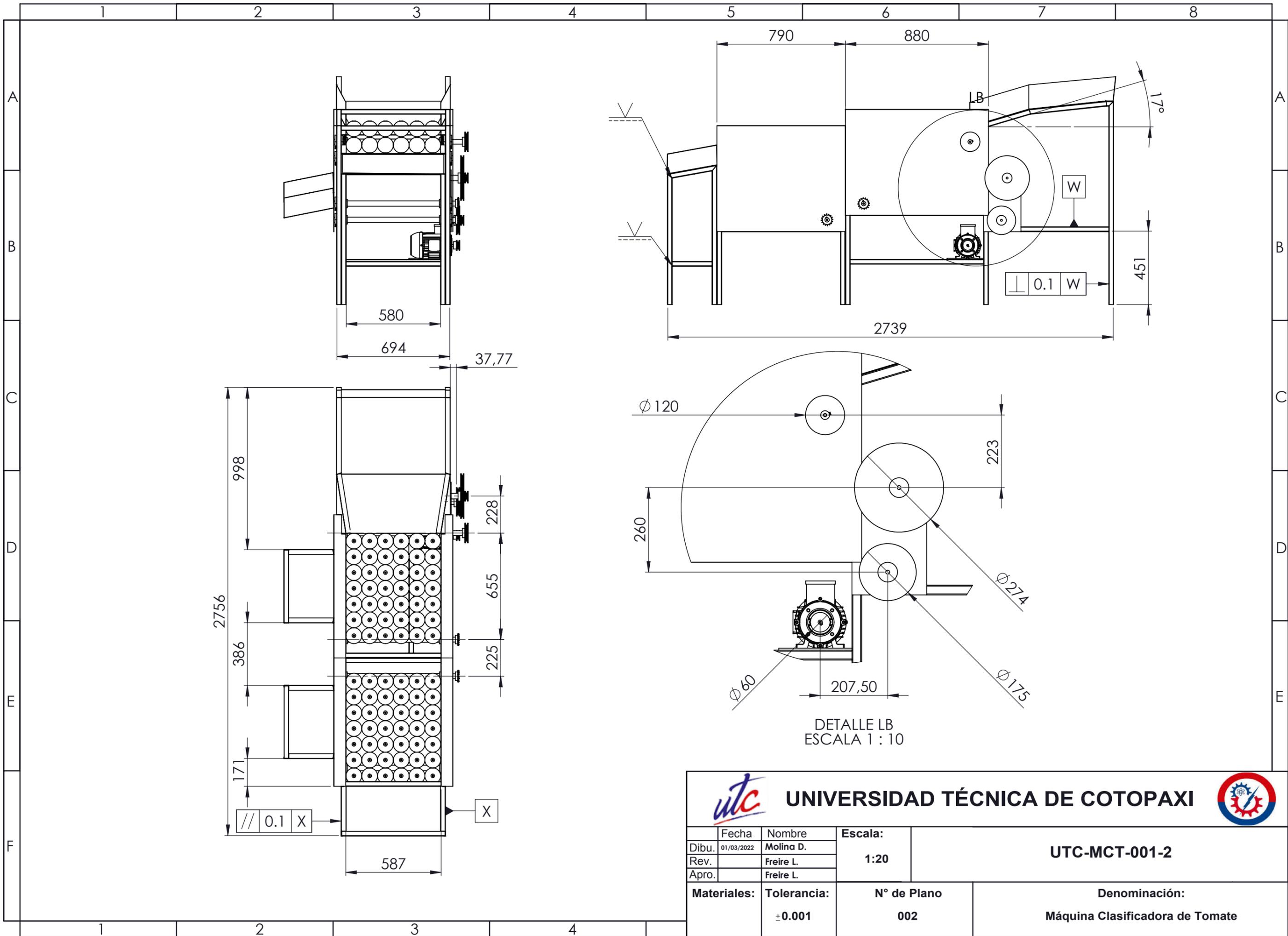
4	Estructura	1	126.44	019
3	Sistema Polea Conducida 4	1	9.14	013
2	Sistema Eje Motriz	1	12.18	009
1	Sistema Eje Polea 2	1	3.91	003
Nº de pieza	Descripción	Cantidad	Peso Kg	Nº de plano



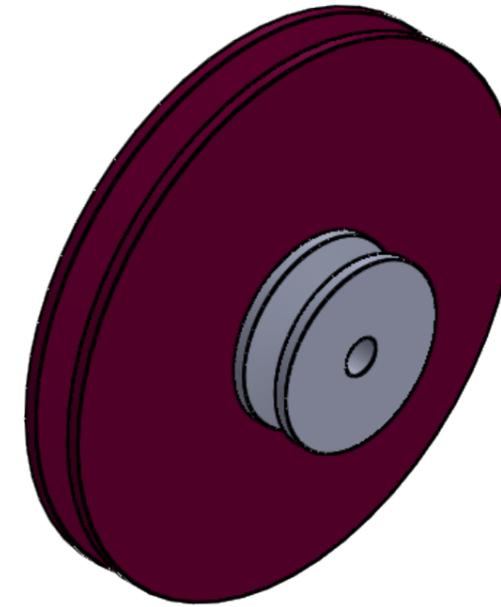
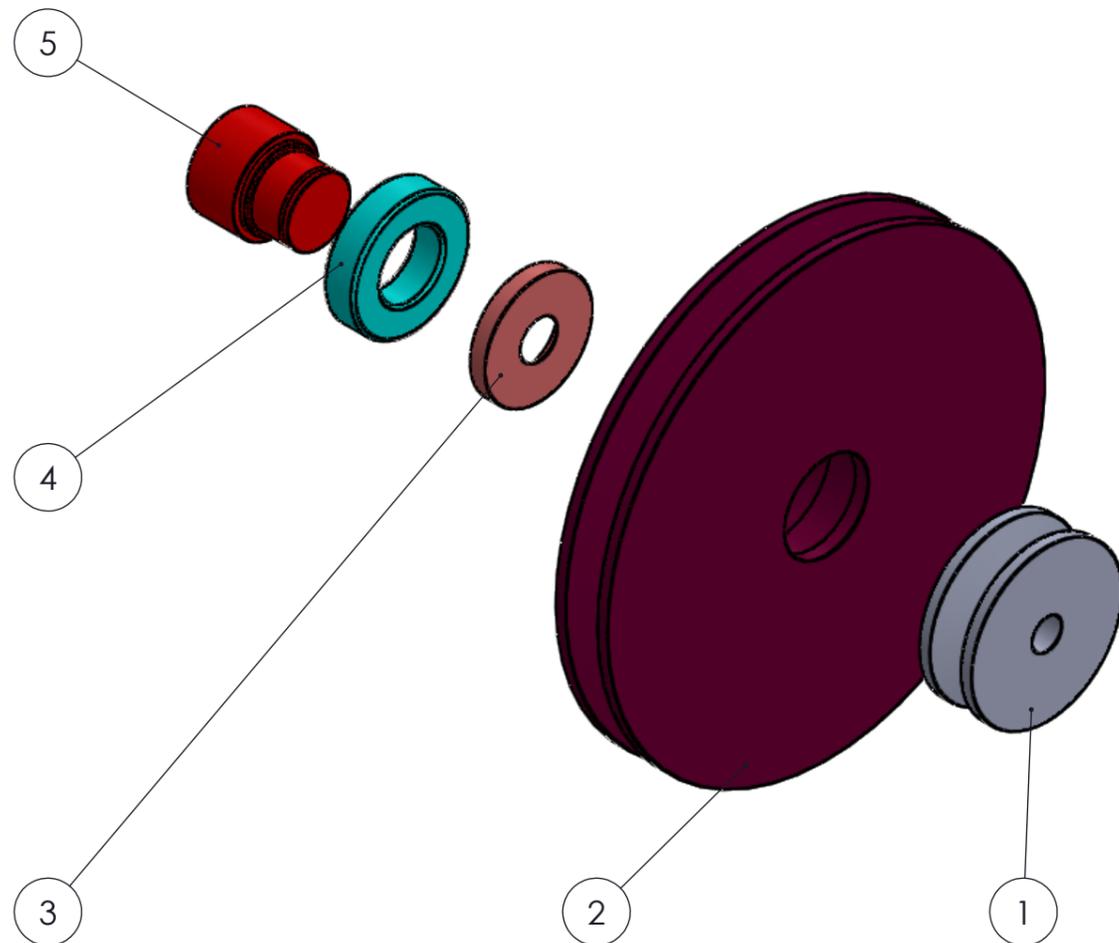
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Dibu.	01/03/2022	Molina D.	Escala: 1:20	UTC-MCT-001
Rev.		Freire L.		
Apro.		Freire L.		
Materiales:	Tolerancia:	Nº de Plano	Denominación:	
	±0.001	001	Máquina Clasificadora de Tomates	



		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI		
Dibu.	Fecha	Nombre	Escala:	UTC-MCT-001-2
Rev.	01/03/2022	Molina D.	1:20	
Apro.		Freire L.		
Materiales:		Tolerancia:	N° de Plano	Denominación:
		± 0.001	002	Máquina Clasificadora de Tomate



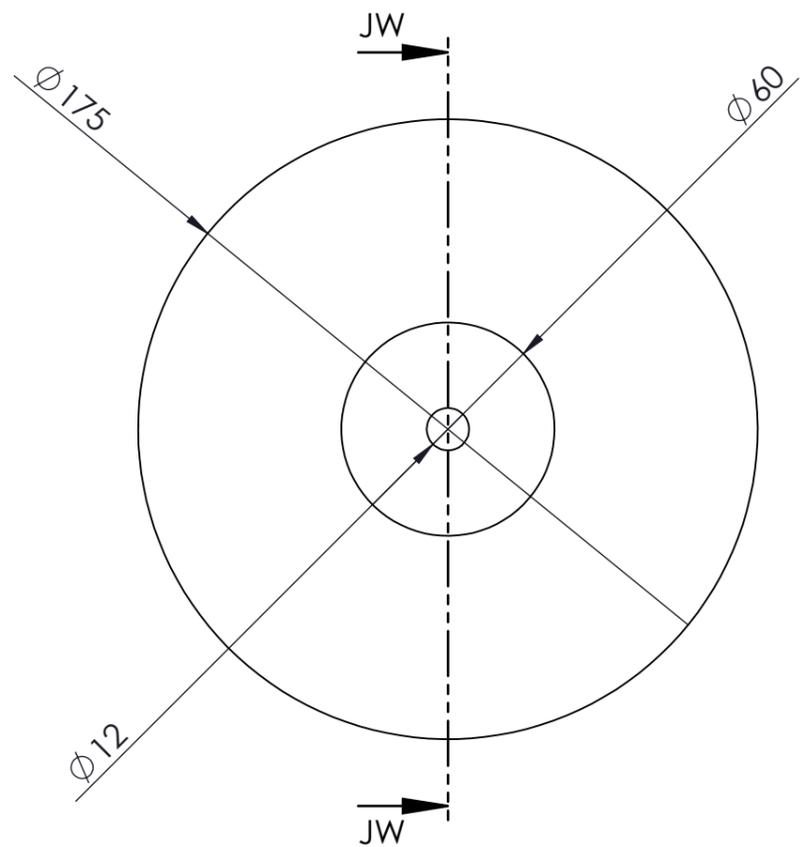
5	Eje Polea	1	AISI 4340	0.18	008
4	Rodamiento 6005	1	-	0.12	Repuesto
3	Arandela Polea	1	AISI 1018	0.051	007
2	Polea 2	1	Aluminio	3.19	006
1	Polea 3	1	Aluminio	0.37	005
N° de pieza	Descripción	Cantidad	Material	Peso Kg	N° de plano



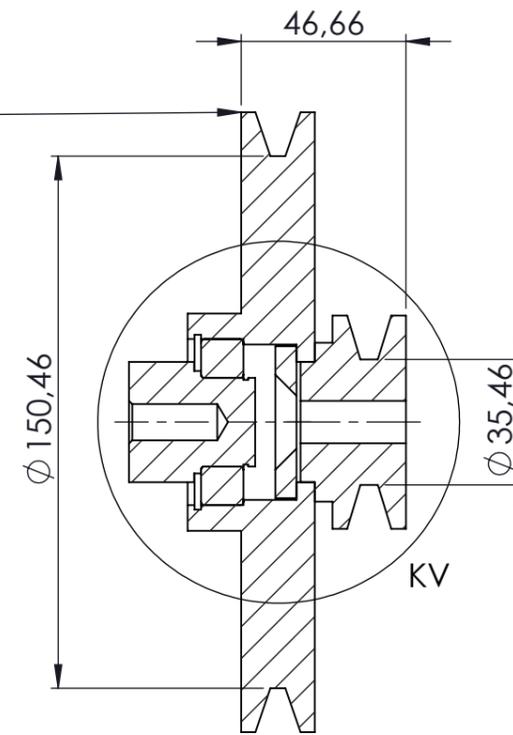
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



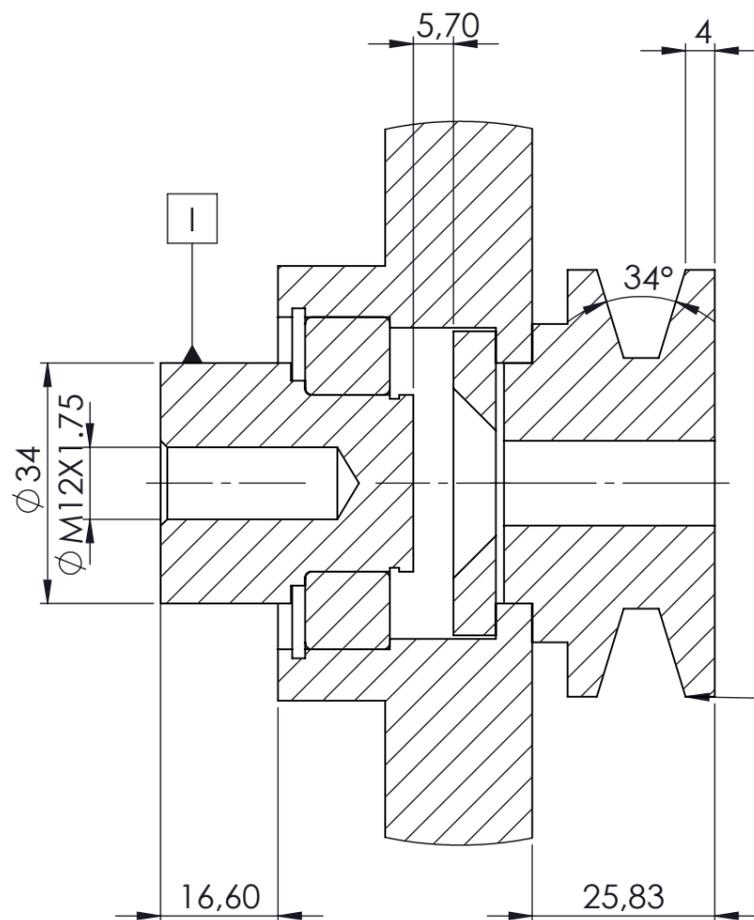
Dibu.	01/03/2022	Molina D.	Escala: 1:5	UTC-MCT-EP-002
Rev.		Freire L.		
Apro.		Freire L.		
Materiales:	Tolerancia:	N° de Plano	Denominación:	
	±0.001	003	Eje Polea 2	



◎	0.0001	I
⌀	0.0001	I

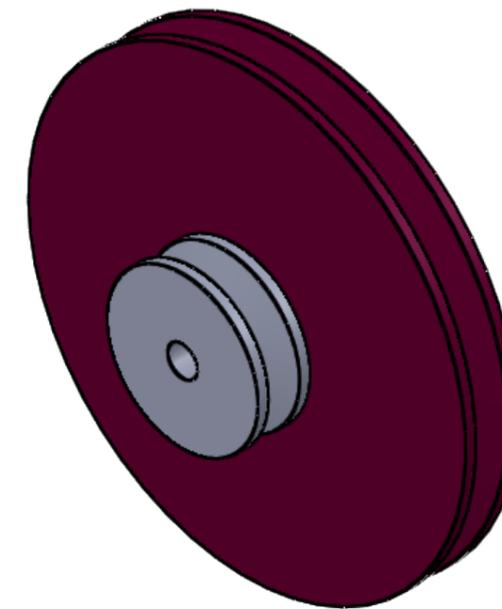


SECCIÓN JW-JW
ESCALA 1 : 2



◎	0.0001	I
⌀	0.0001	I

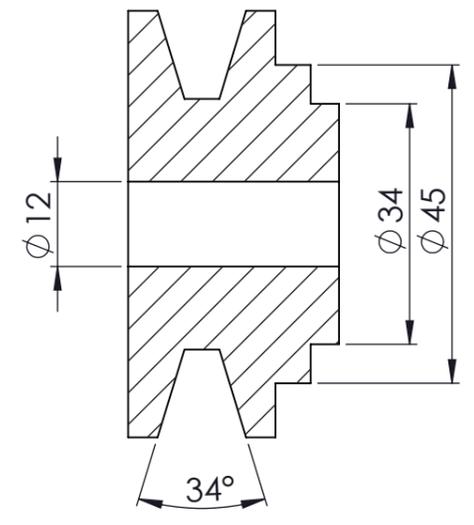
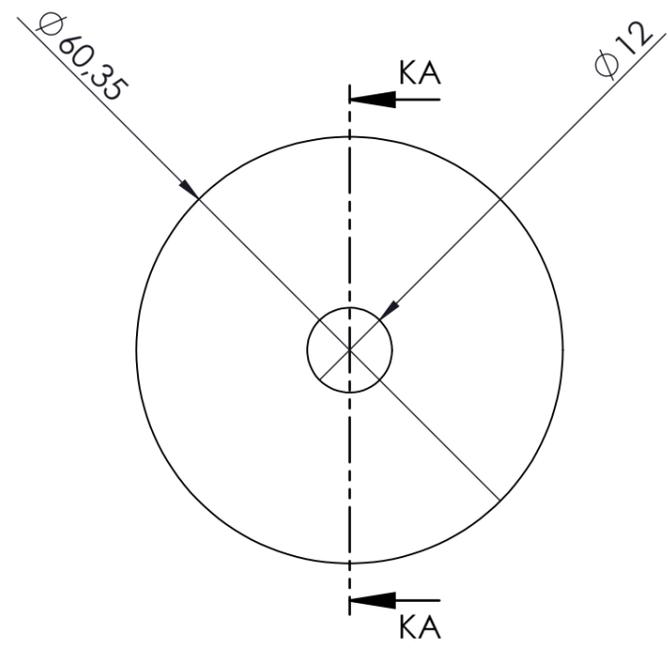
DETALLE KV



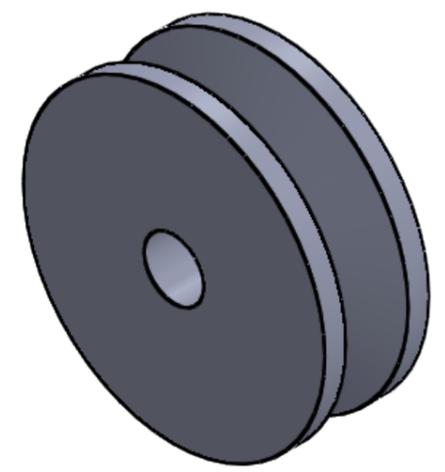
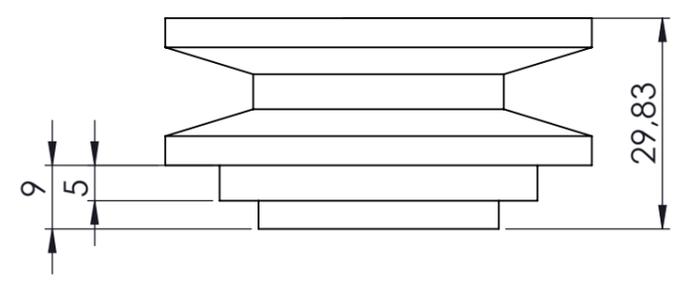
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



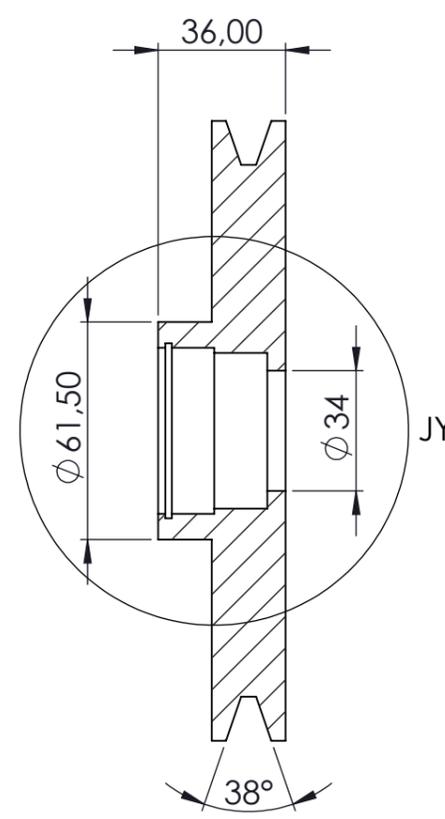
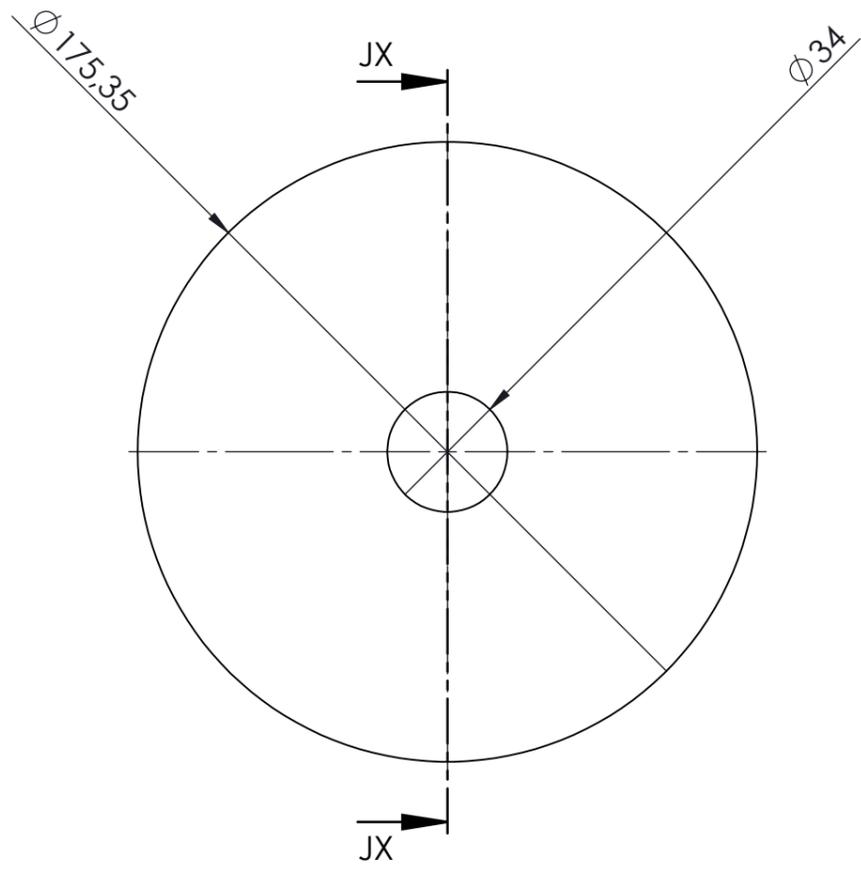
Fecha	Nombre	Escala:	UTC-MCT-EP-002-2
Dibu. 01/03/2022	Molina D.	1:2	
Rev.	Freire L.		
Apro.	Freire L.		
Materiales:	Tolerancia:	N° de Plano	Denominación:
	± 0.001	201	Sistema Rodillo Motriz



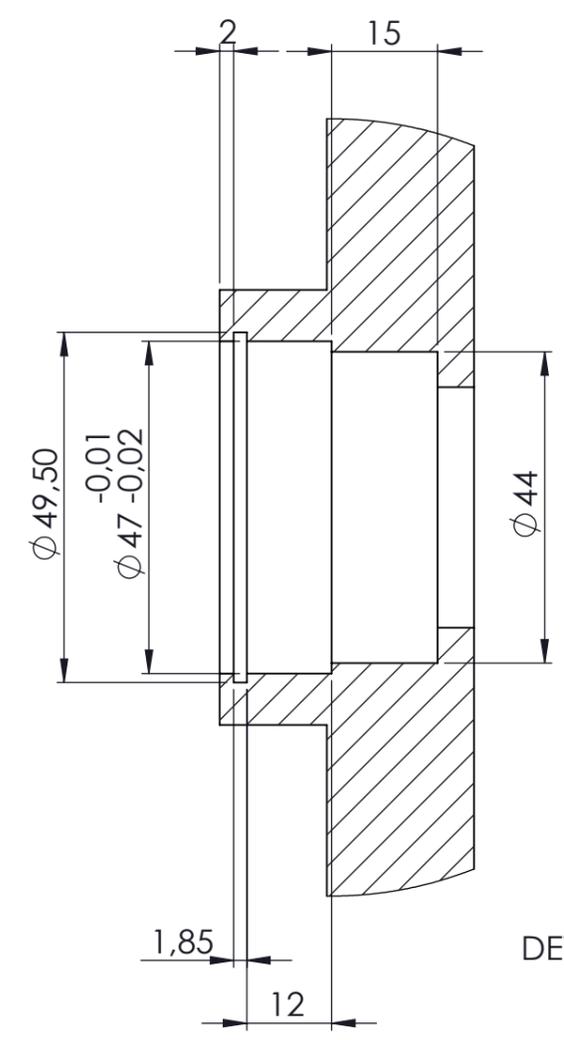
SECCIÓN KA-KA



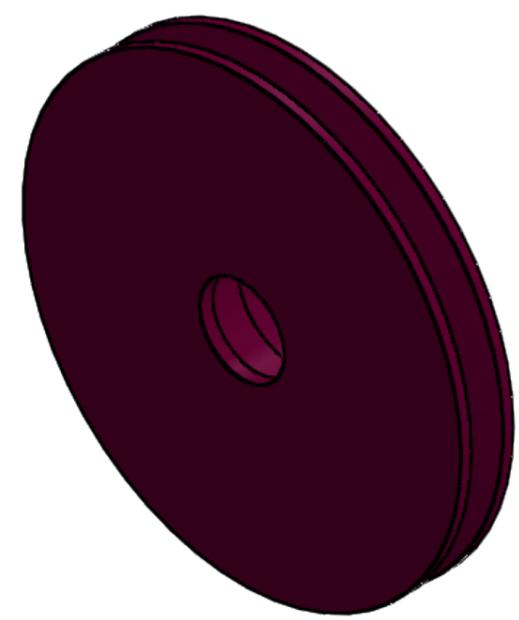
		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI		
Fecha	Nombre	Escala:	UTC-MCT-EP-Polea-2001	
Dibu. 01/03/2022	Molina D.			
Rev.	Freire L.			
Apro.	Freire L.	1:1		
Materiales:	Tolerancia:	N° de Plano	Denominación:	
Aluminio		005	Polea 3	



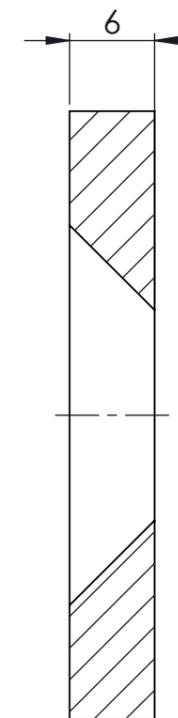
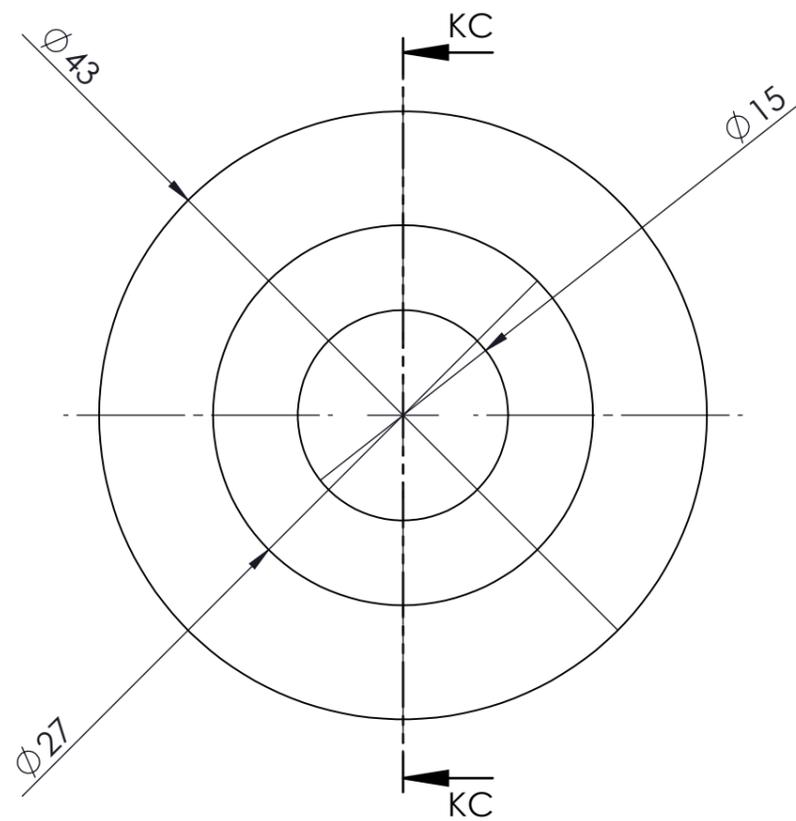
SECCIÓN JX-JX
ESCALA 1 : 2



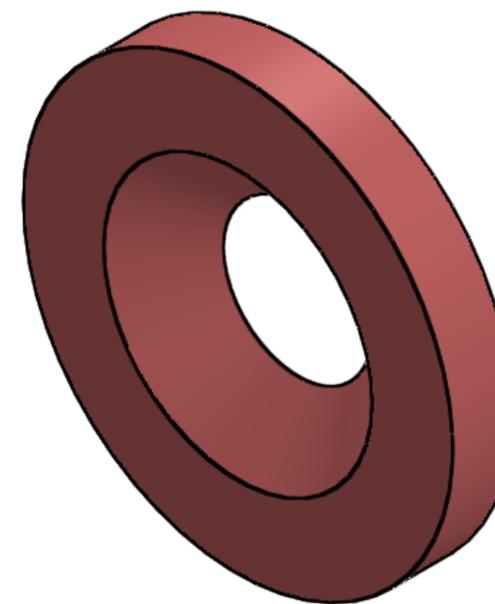
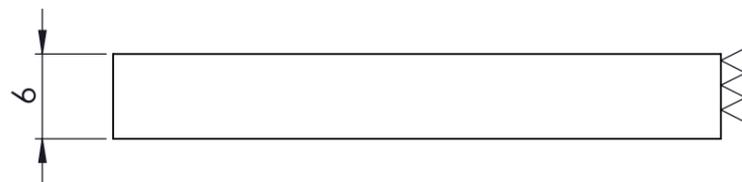
DETALLE JY



		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI 	
Fecha	Nombre	Escala:	Denominación:
Dibu. 01/03/2022	Molina D.		
Rev.	Freire L.		
Apro.	Freire L.	N° de Plano	Polea 2
Materiales:				202
Aluminio		Tolerancia:	



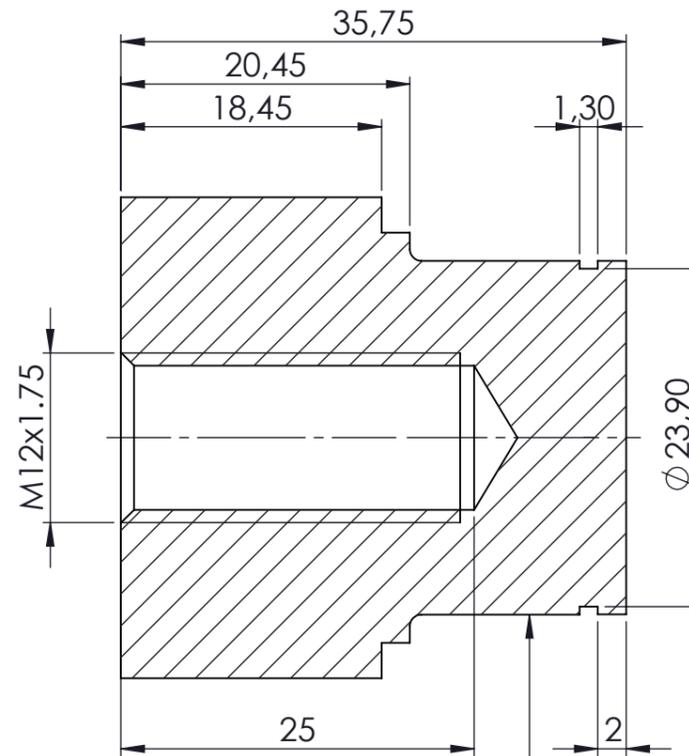
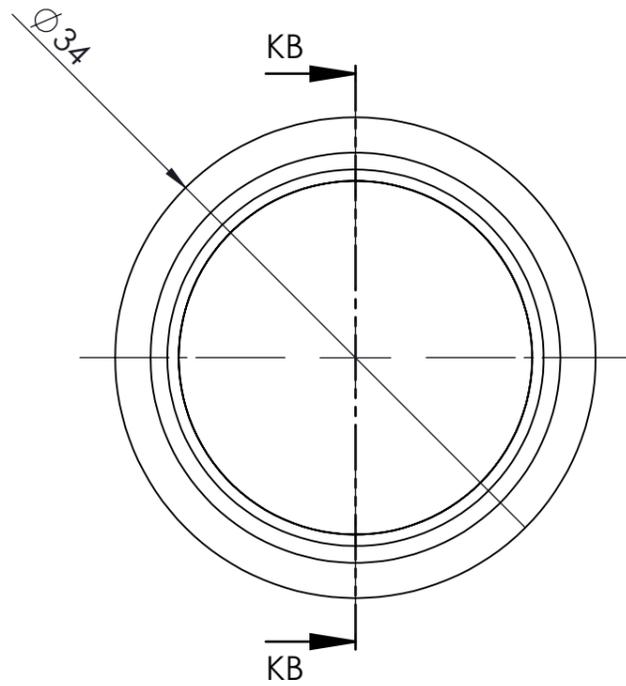
SECCIÓN KC-KC
ESCALA 2 : 1



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

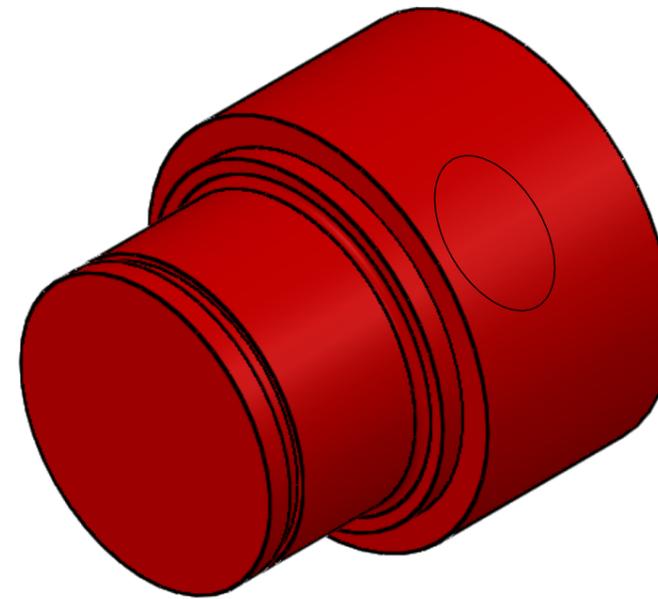
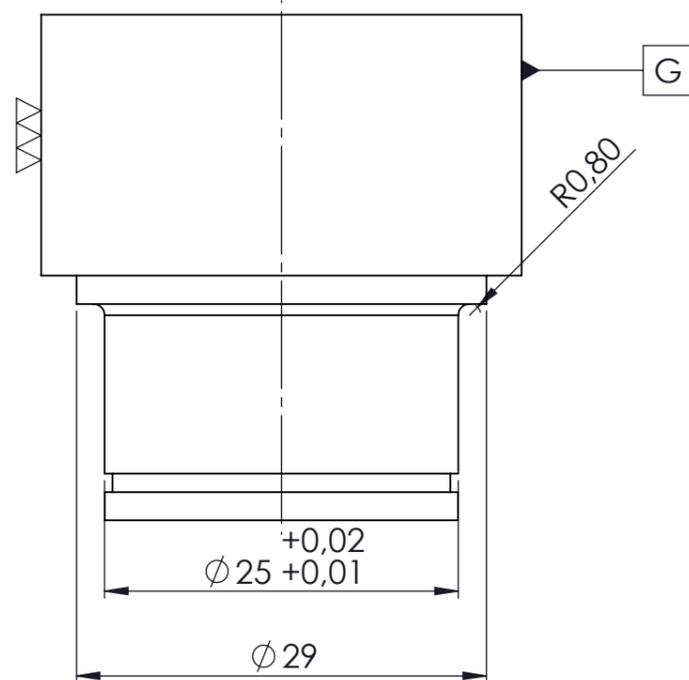


Dibu.	Fecha	Nombre	Escala:	UTC-MCT-EP-Arandela Polea-2003
Rev.	01/03/2022	Molina D.		
Apro.		Freire L.		
		Freire L.	2:1	
Materiales:		Tolerancia:	Nº de Plano	Denominación:
AISI 1018			007	Arandela Polea



SECCIÓN KB-KB
ESCALA 2 : 1

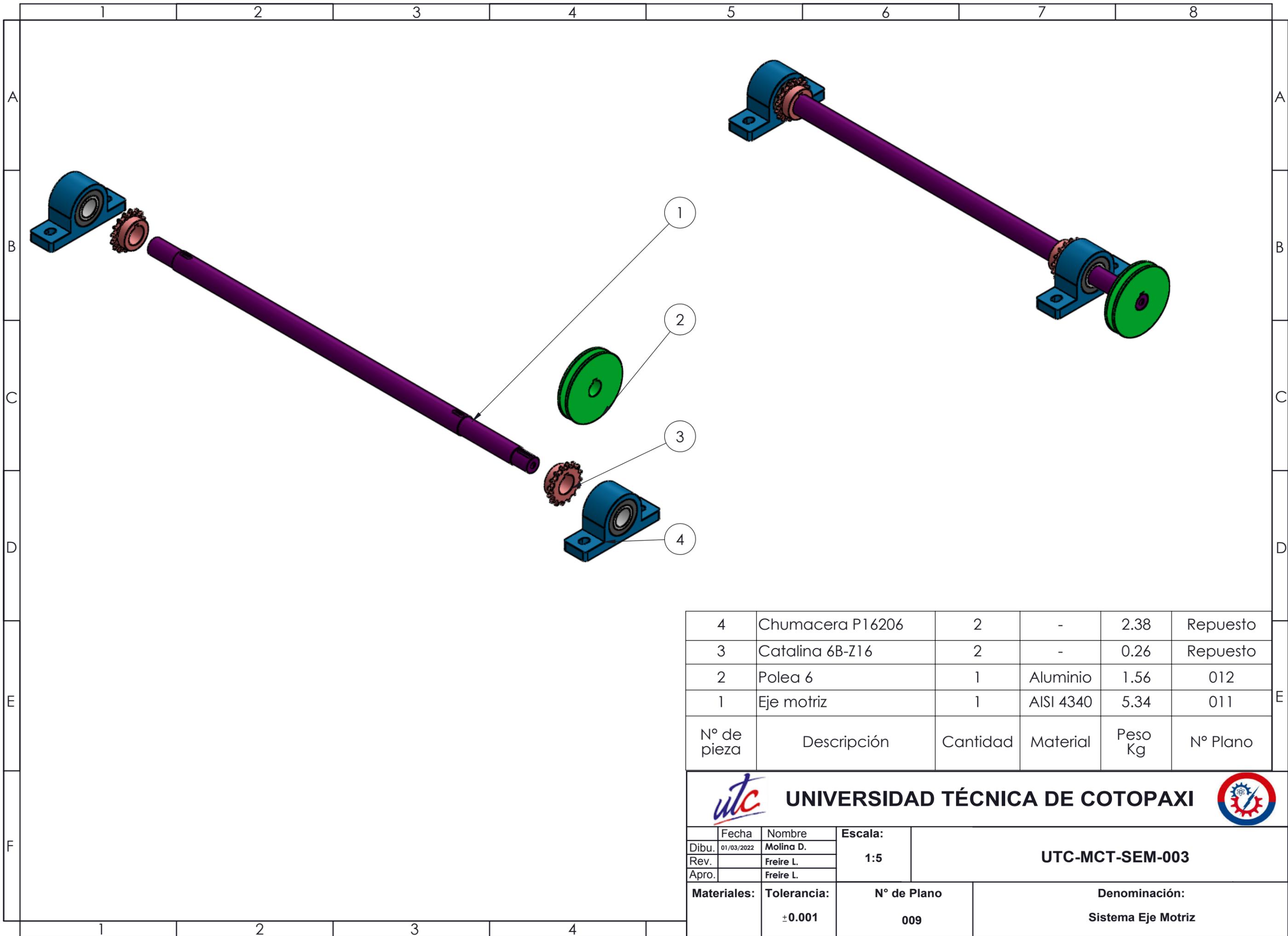
⊙	0.0001	G
∅	0.0001	G



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Dibu.	01/03/2022	Nombre	Molina D.	Escala:	2:1	UTC-MCT-EP-Eje Polea-2004
Rev.		Nombre	Freire L.			
Apro.		Nombre	Freire L.			
Materiales:		Tolerancia:		N° de Plano	Denominación:	
AISI 4340				008	Eje Polea	



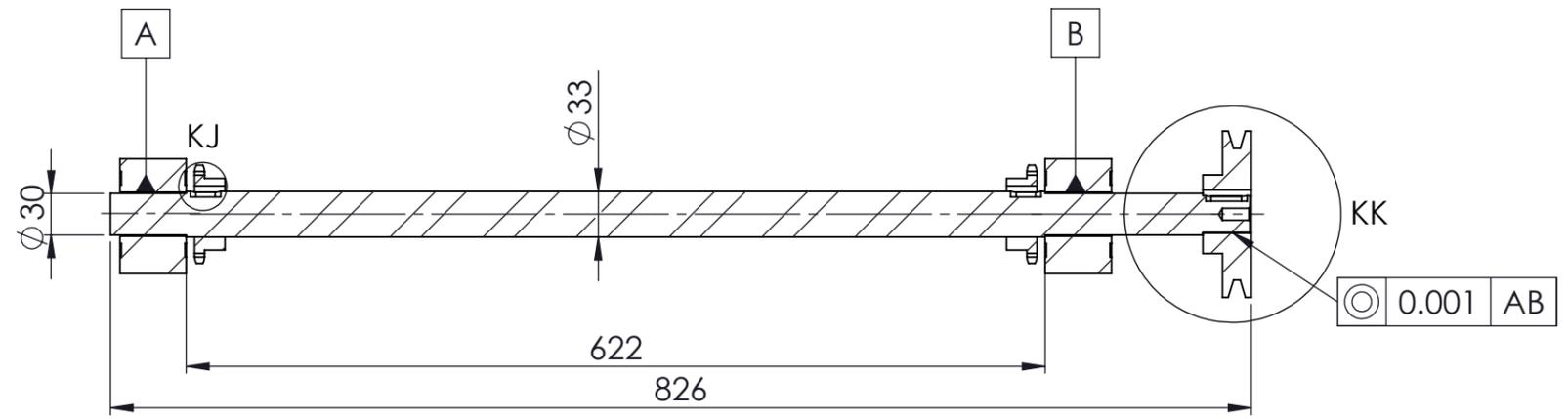
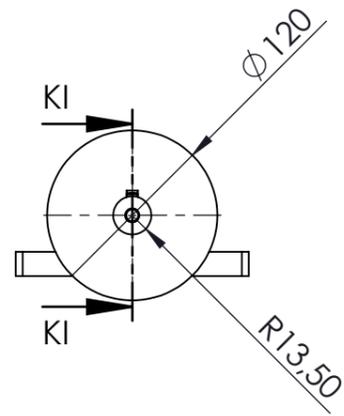
4	Chumacera P16206	2	-	2.38	Repuesto
3	Catalina 6B-Z16	2	-	0.26	Repuesto
2	Polea 6	1	Aluminio	1.56	012
1	Eje motriz	1	AISI 4340	5.34	011
Nº de pieza	Descripción	Cantidad	Material	Peso Kg	Nº Plano



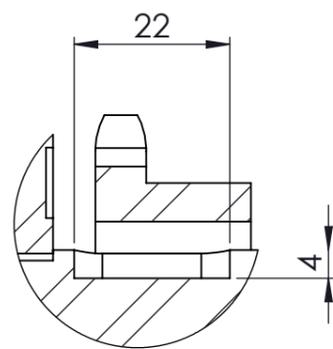
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



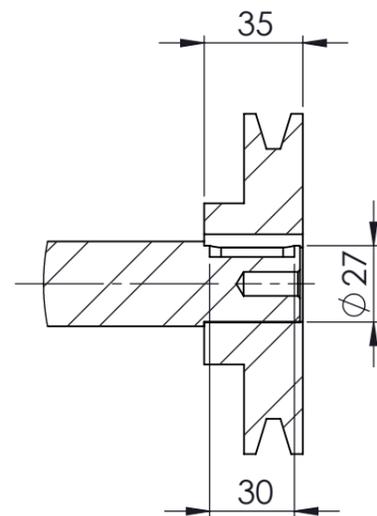
Fecha	Nombre	Escala: 1:5	UTC-MCT-SEM-003
Dibu. 01/03/2022	Molina D.		
Rev.	Freire L.		
Apro.	Freire L.		
Materiales:	Tolerancia: ±0.001	Nº de Plano 009	Denominación: Sistema Eje Motriz



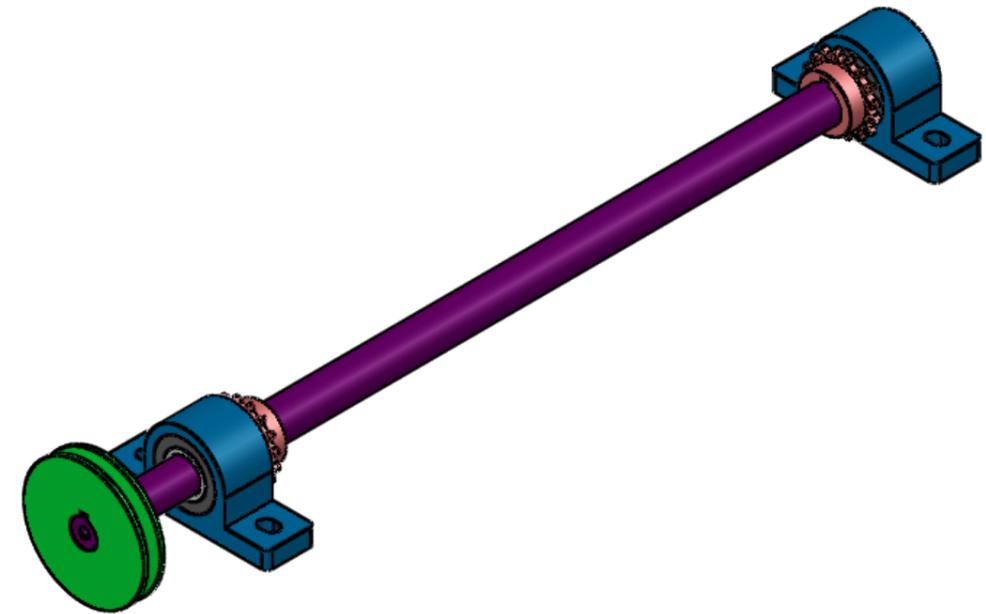
SECCIÓN KI-KI
ESCALA 1 : 5



DETALLE KJ



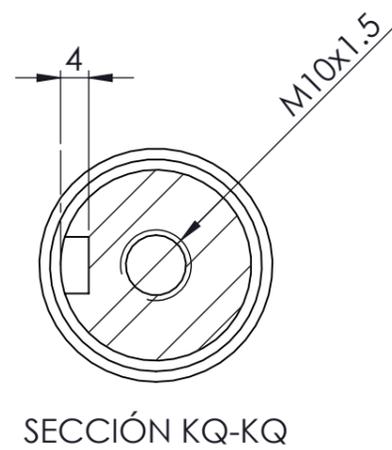
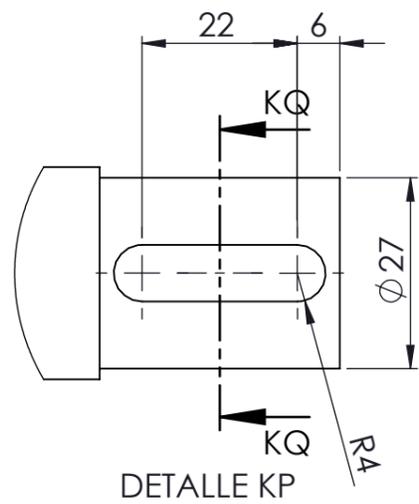
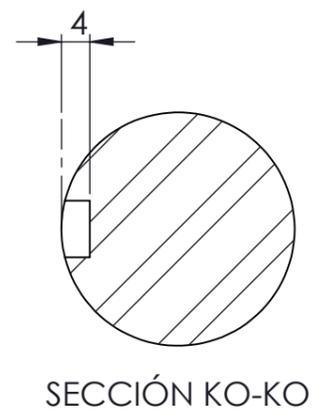
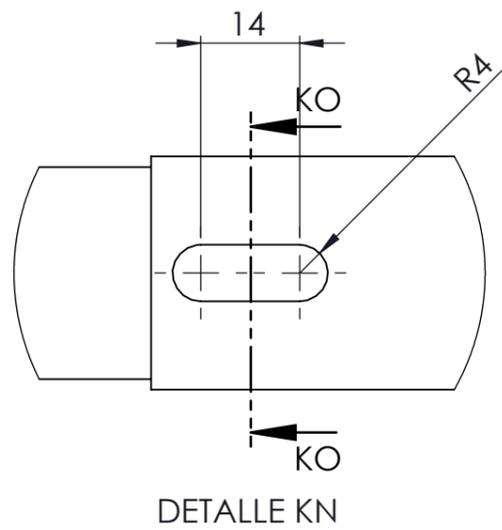
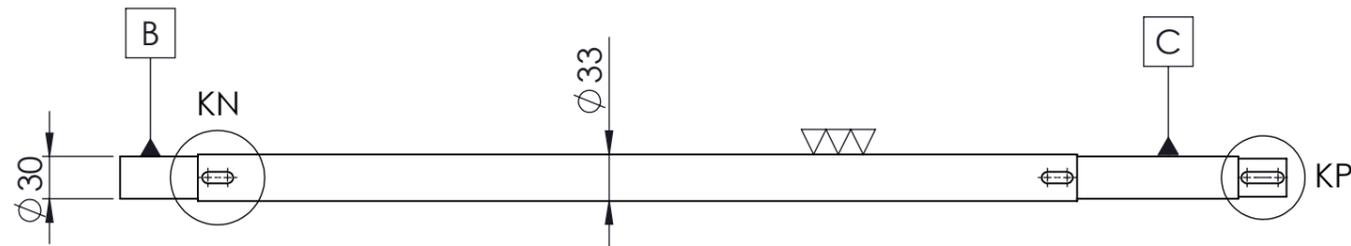
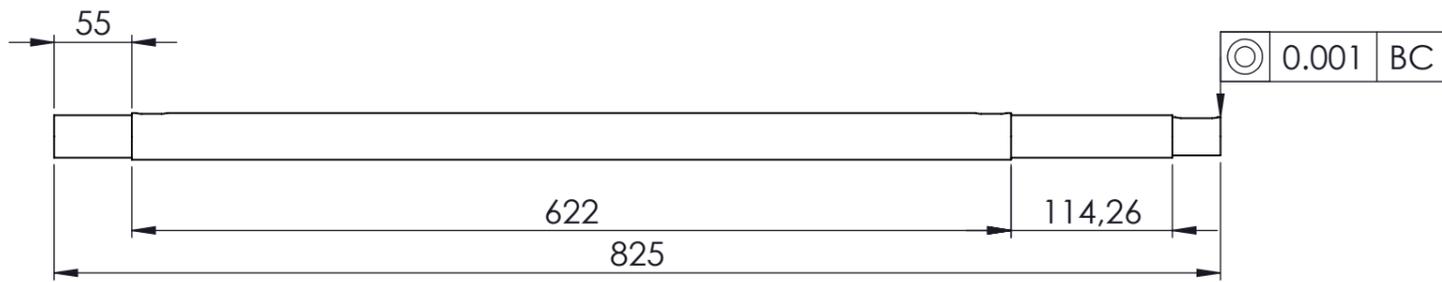
DETALLE KK
ESCALA 2 : 5



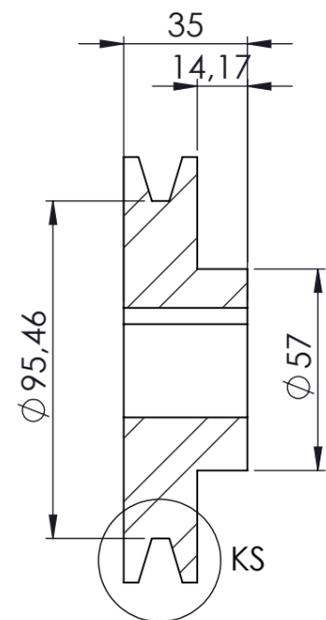
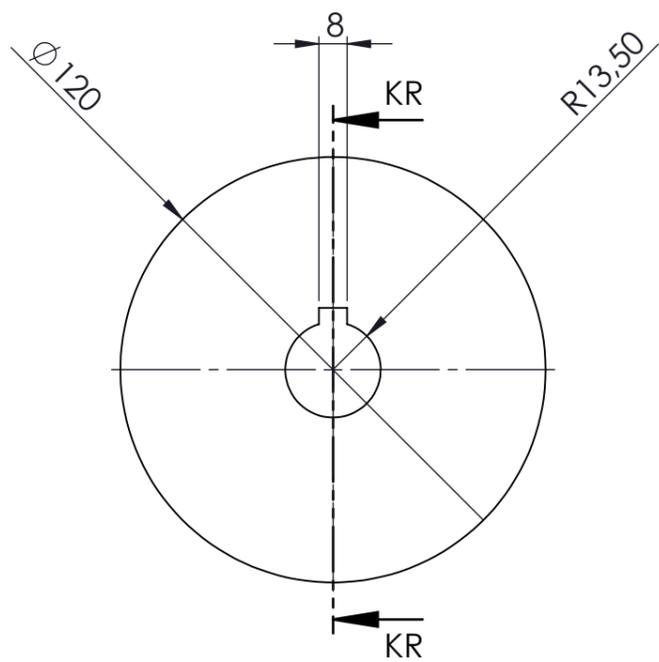
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



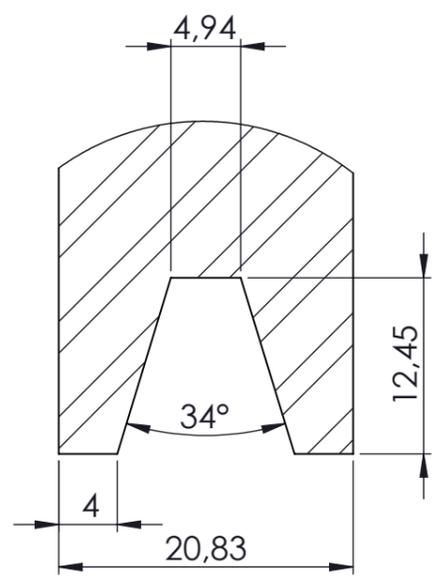
Fecha	Nombre	Escala:	UTC-MCT-SEM-003-2
Dibu. 01/03/2022	Molina D.	1:5	
Rev.	Freire L.		
Apro.	Freire L.		
Materiales:	Tolerancia:	N° de Plano	Denominación:
	± 0.001	010	Sistema Eje Motriz



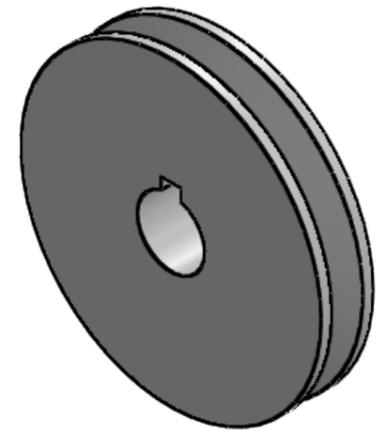
		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI		
Fecha	Nombre	Escala:	UTC-MCT-SEM-Eje Motriz-3001	
Dibu. 01/03/2022	Molina D.	1:5		
Rev.	Freire L.			
Apro.	Freire L.			
Materiales:	Tolerancia:	N° de Plano	Denominación:	
AISI 304		011	Eje motriz	



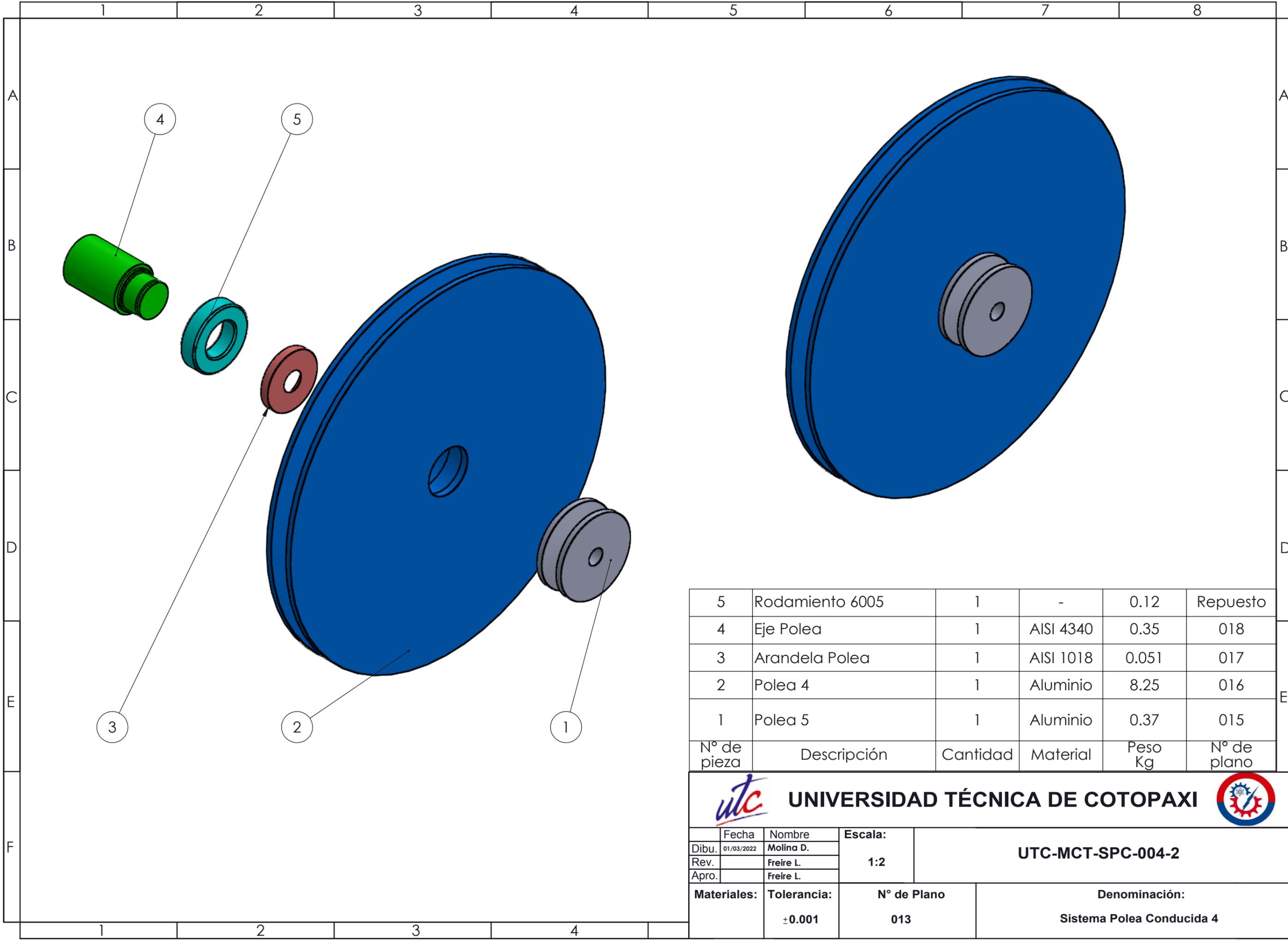
SECCIÓN KR-KR
ESCALA 1 : 2



DETALLE KS
ESCALA 2 : 1



		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI		
Fecha	Nombre	Escala:	UTC-MCT-SEM-Polea 6-3002	
Dibu. 01/03/2022	Molina D.			
Rev.	Freire L.			
Apro.	Freire L.	1:2		
Materiales:	Tolerancia:	N° de Plano	Denominación:	
Aluminio		012	Polea 6	



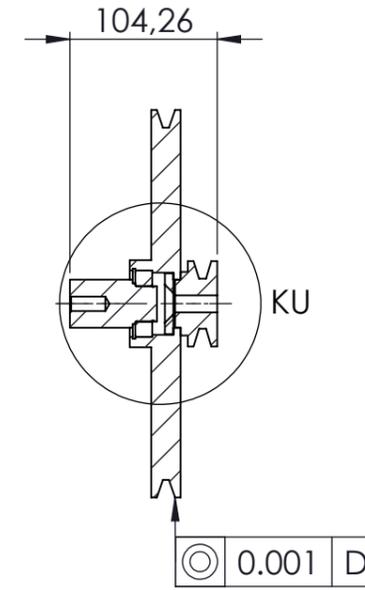
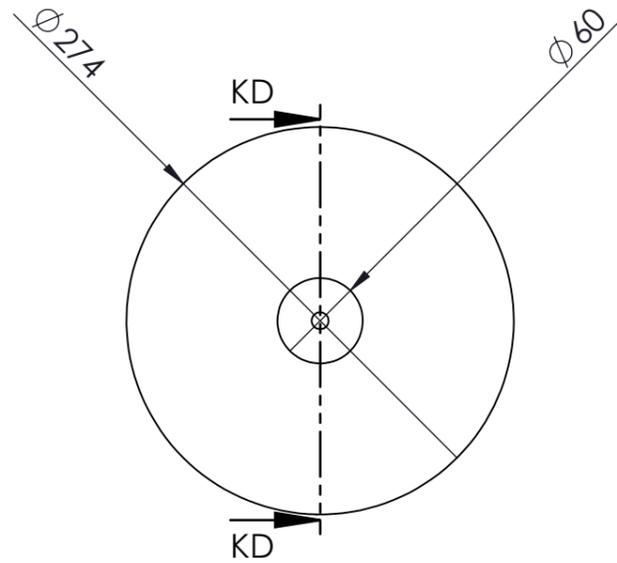
5	Rodamiento 6005	1	-	0.12	Repuesto
4	Eje Polea	1	AISI 4340	0.35	018
3	Arandela Polea	1	AISI 1018	0.051	017
2	Polea 4	1	Aluminio	8.25	016
1	Polea 5	1	Aluminio	0.37	015
N° de pieza	Descripción	Cantidad	Material	Peso Kg	N° de plano



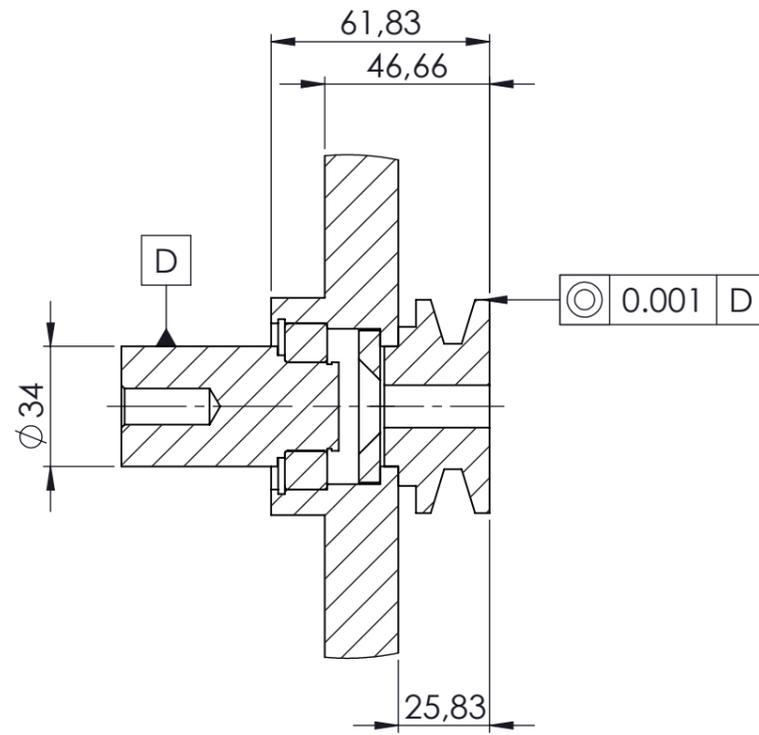
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



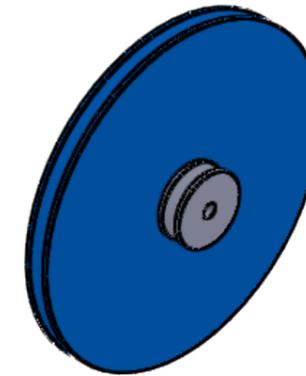
Dibu.	01/03/2022	Molina D.	Escala: 1:2	UTC-MCT-SPC-004-2
Rev.		Freire L.		
Apro.		Freire L.		
Materiales:	Tolerancia:	N° de Plano	Denominación:	
	±0.001	013	Sistema Polea Conducida 4	



SECCIÓN KD-KD
ESCALA 1 : 5



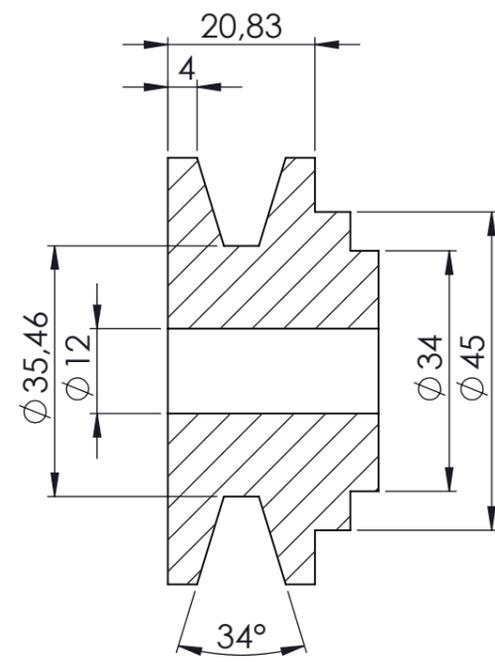
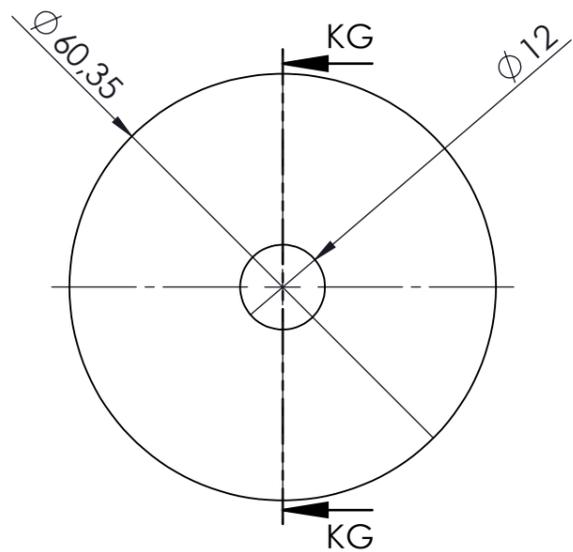
DETALLE KU
ESCALA 1 : 2



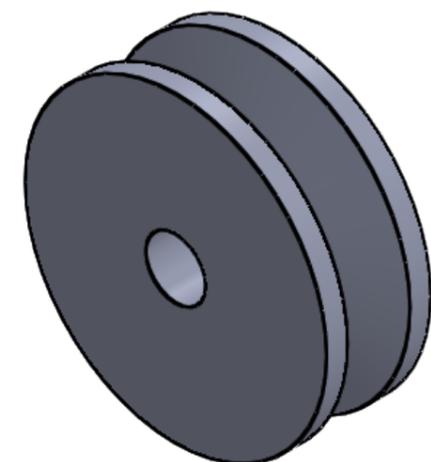
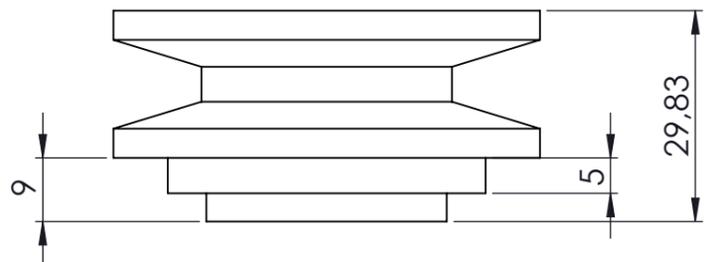
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



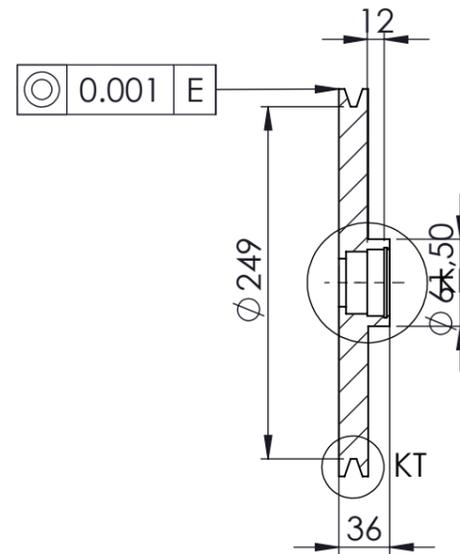
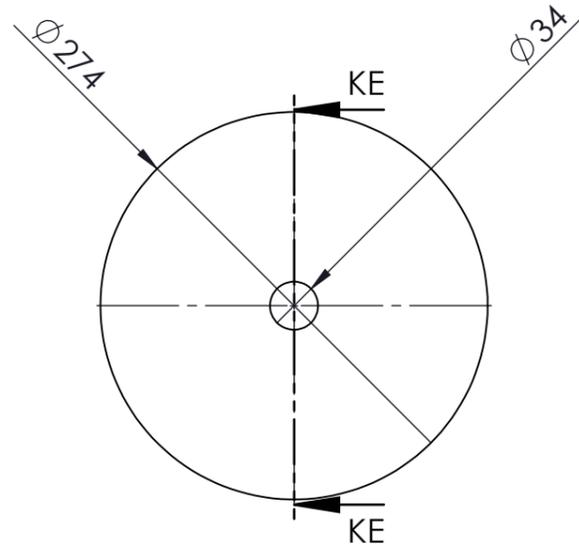
Fecha	Nombre	Escala:	UTC-MCT-SPC-004-2
Dibu. 01/03/2022	Molina D.	1:5	
Rev.	Freire L.		
Apro.	Freire L.		
Materiales:	Tolerancia:	N° de Plano	Denominación:
	±0.001	014	Sistema Polea Conducida 4



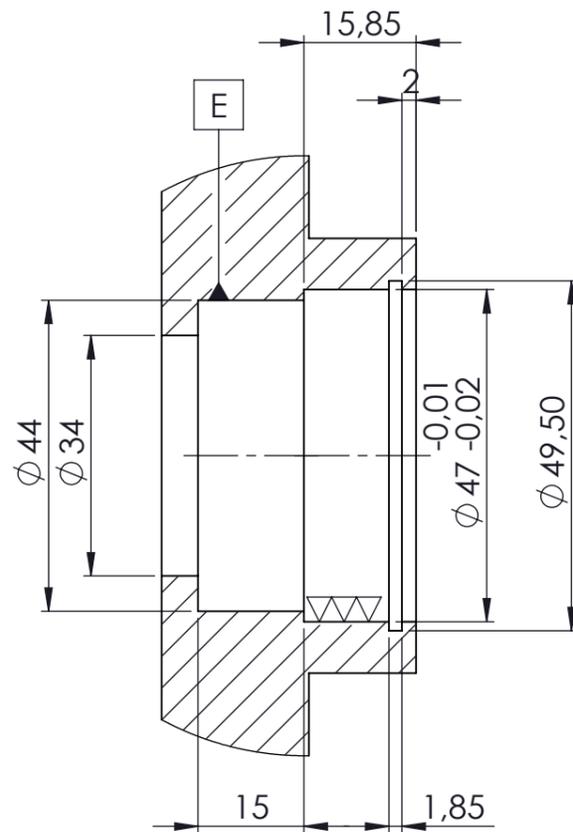
SECCIÓN KG-KG



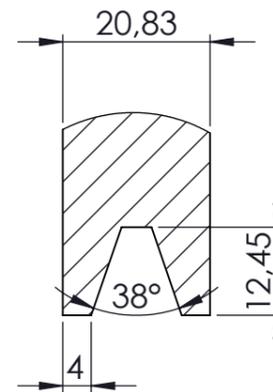
		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI 		
				UTC-MCT-SPC-Polea 5 - 4001
Fecha	Nombre	Escala:		
Dibu.	01/03/2022			1:1
Rev.	Freire L.			
Apro.	Freire L.			
Materiales:	Tolerancia:	N° de Plano	Denominación:	
Aluminio		015	Polea 5	



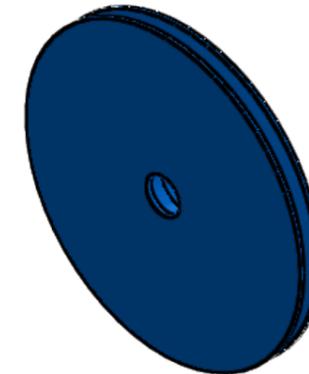
SECCIÓN KE-KE
ESCALA 1 : 5



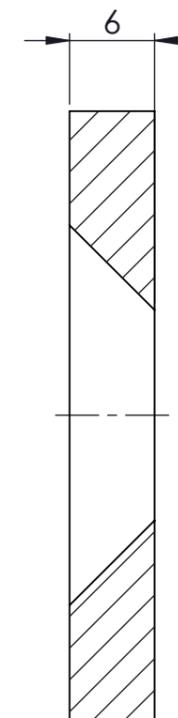
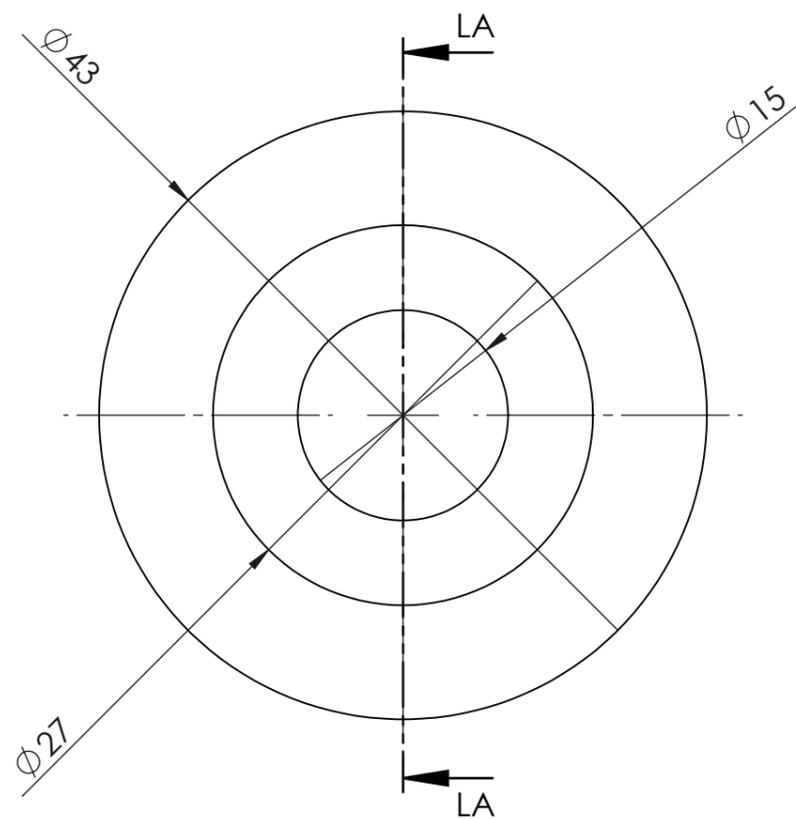
DETALLE KF



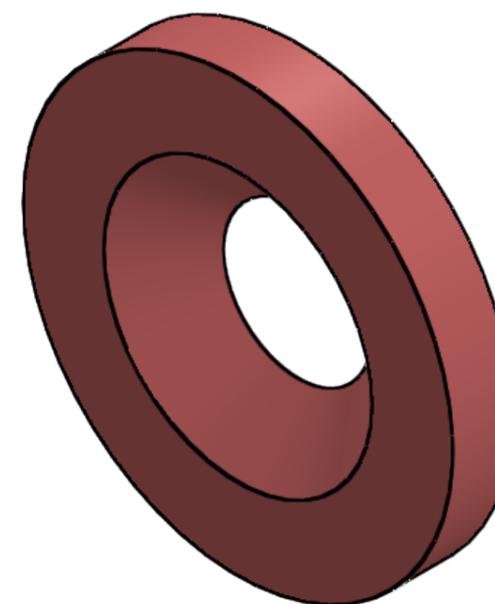
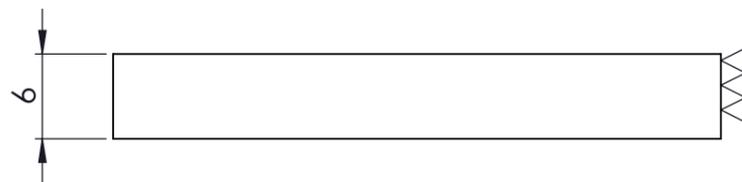
DETALLE KT



		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI 			
				UTC-MCT-SPC-Polea 5 - 4002	
Fecha	Nombre	Escala:	Denominación:		
Dibu. 01/03/2022	Molina D.			1:5	Polea 4
Rev.	Freire L.				
Apro.	Freire L.	N° de Plano			
Materiales:	Tolerancia:	016			
AISI 4340					



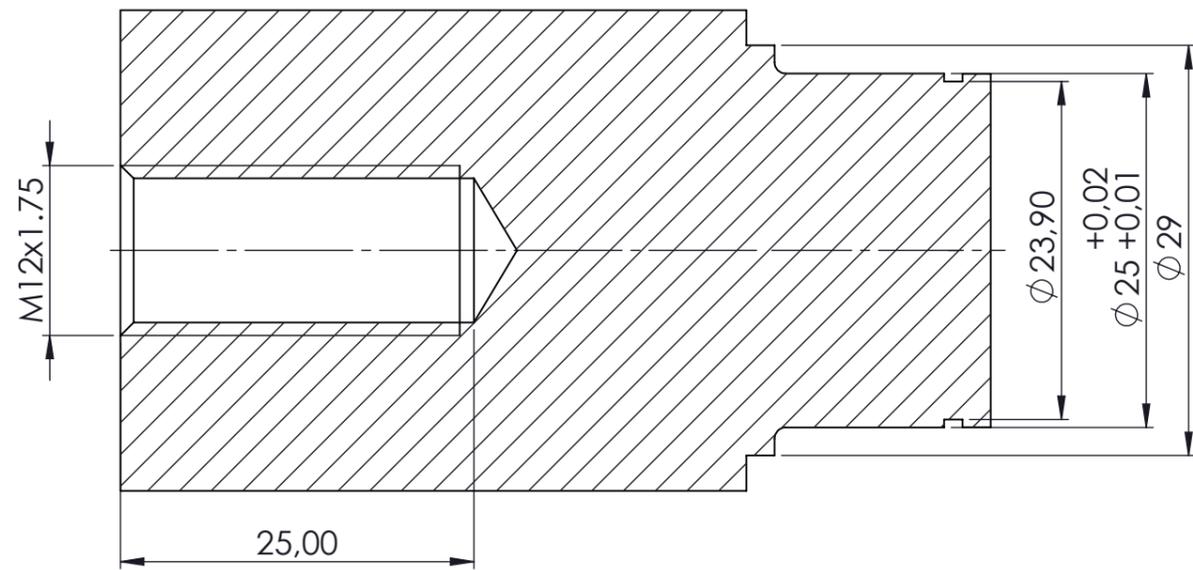
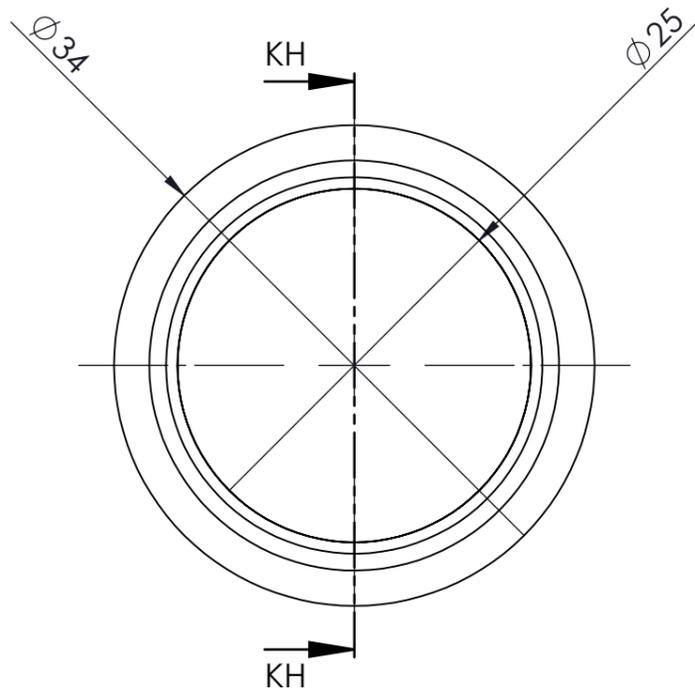
SECCIÓN LA-LA
ESCALA 2 : 1



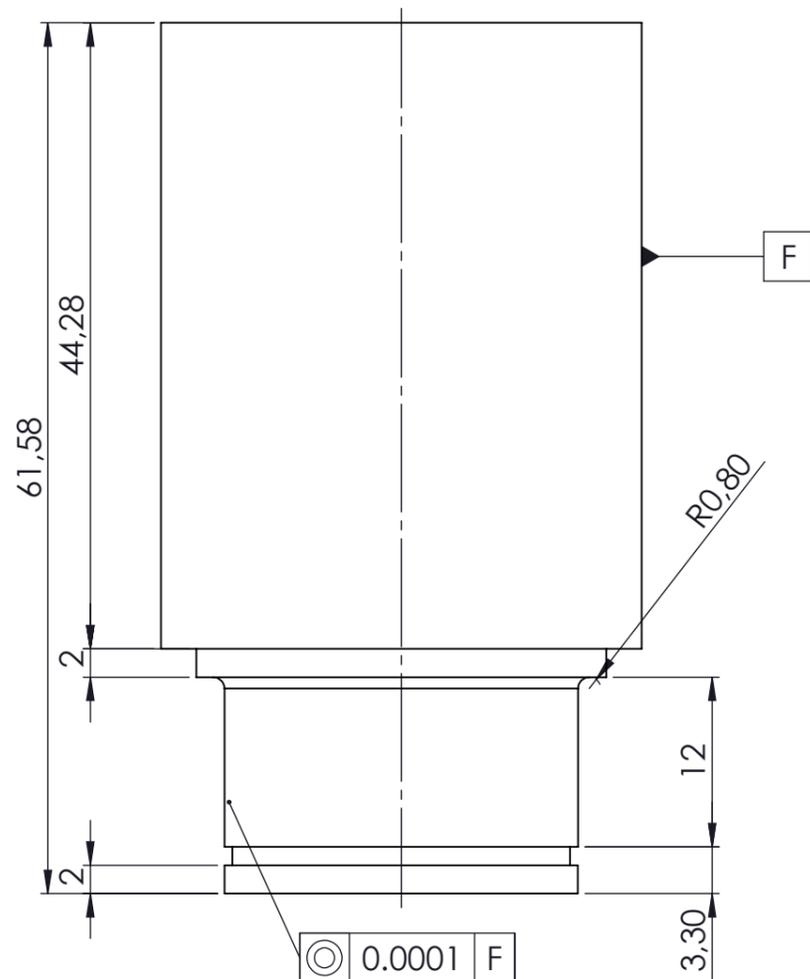
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



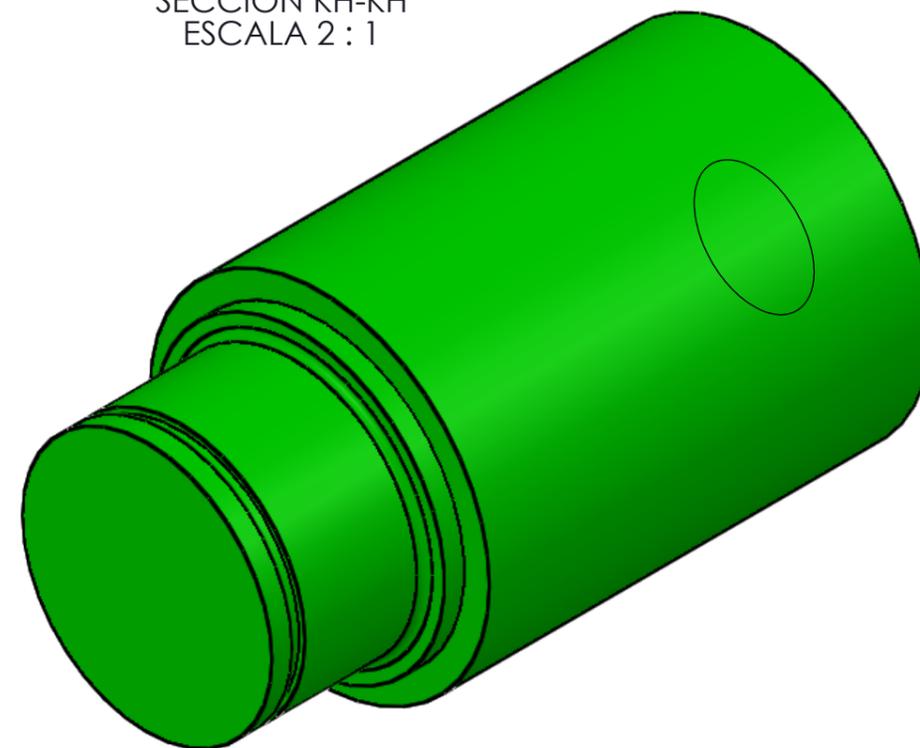
Fecha	Nombre	Escala:	UTC-MCT-SPC-Arandela Polea - 4003
Dibu. 01/03/2022	Molina D.		
Rev.	Freire L.		
Apro.	Freire L.	N° de Plano	Denominación:
Materiales:	Tolerancia:			017	Arandela Polea
AISI 1018			



SECCIÓN KH-KH
ESCALA 2 : 1

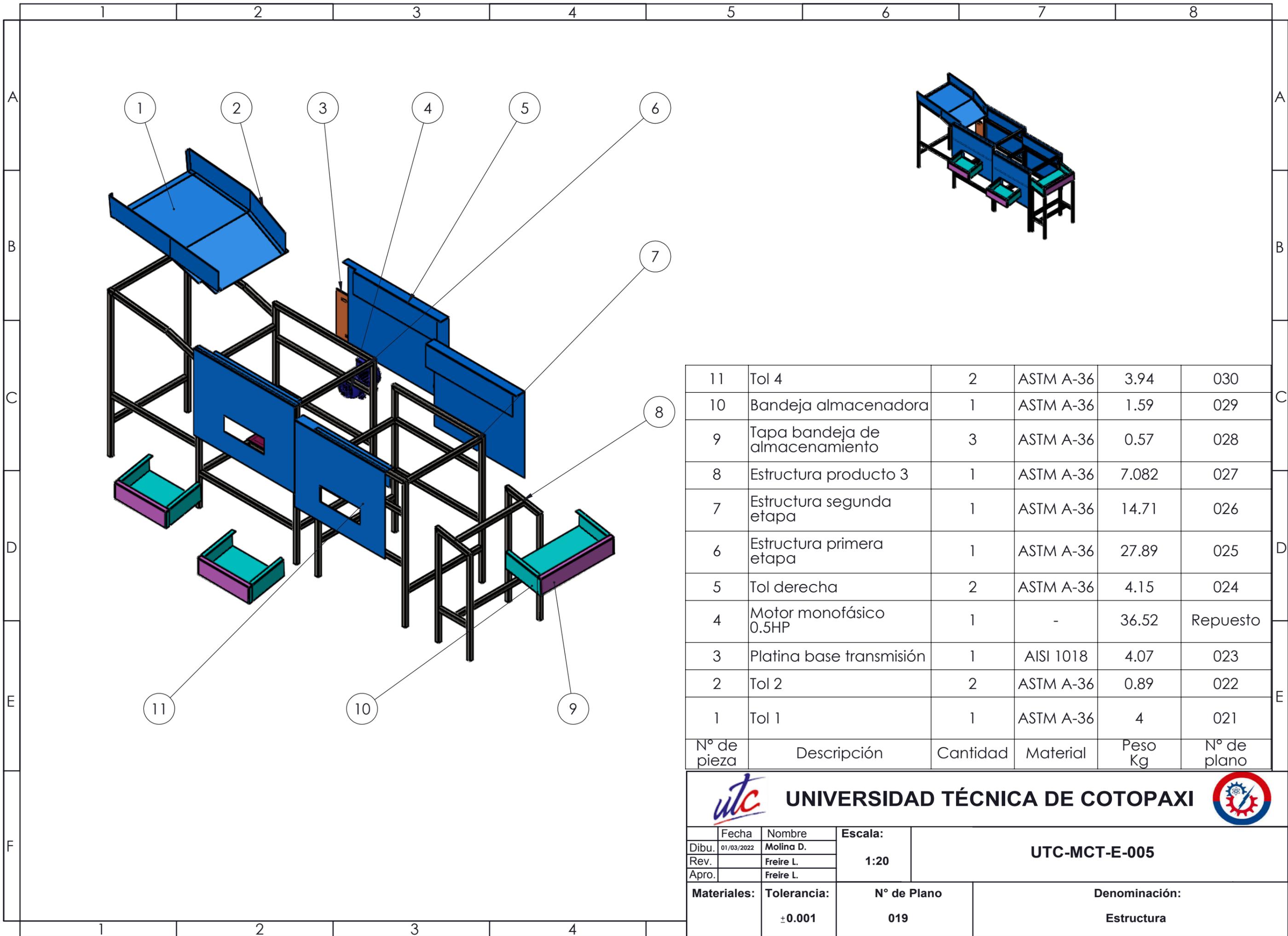


\varnothing	0.0001	F
R	0.0001	F



		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI		
Dibu.	01/03/2022	Nombre	Molina D.	Escala: 2:1
Rev.		Freire L.		
Apro.		Freire L.		
Materiales: AISI 4340		Tolerancia:	N° de Plano 018	Denominación: Eje Polea 4

UTC-MCT-SPC-Eje Polea 4 - 4004



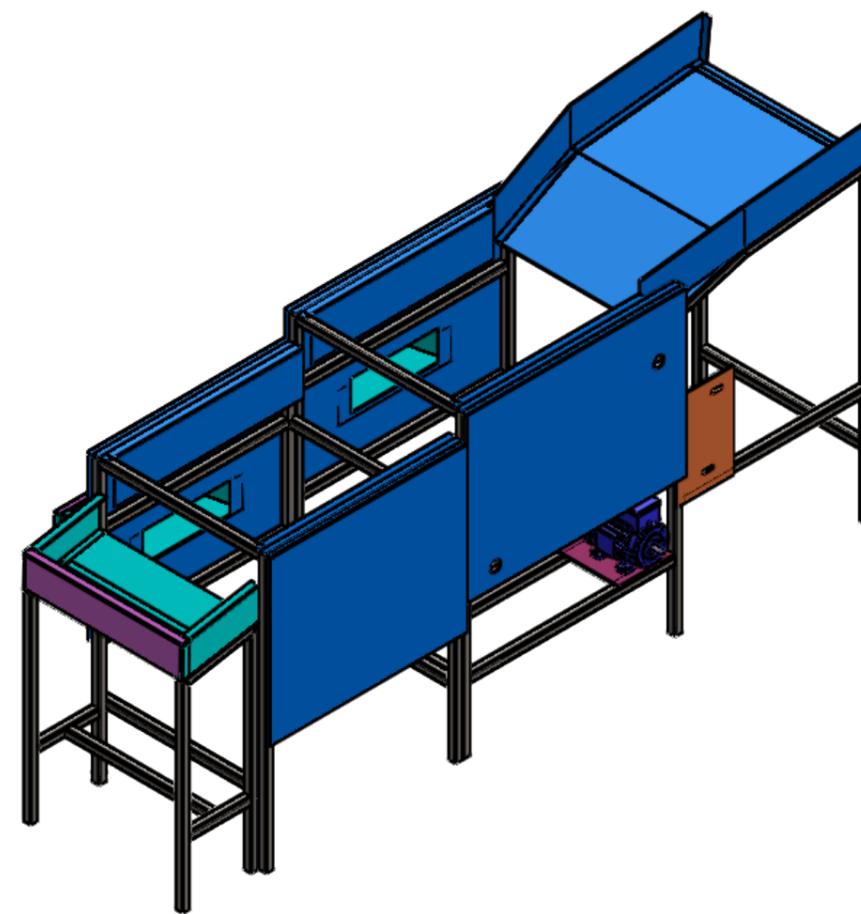
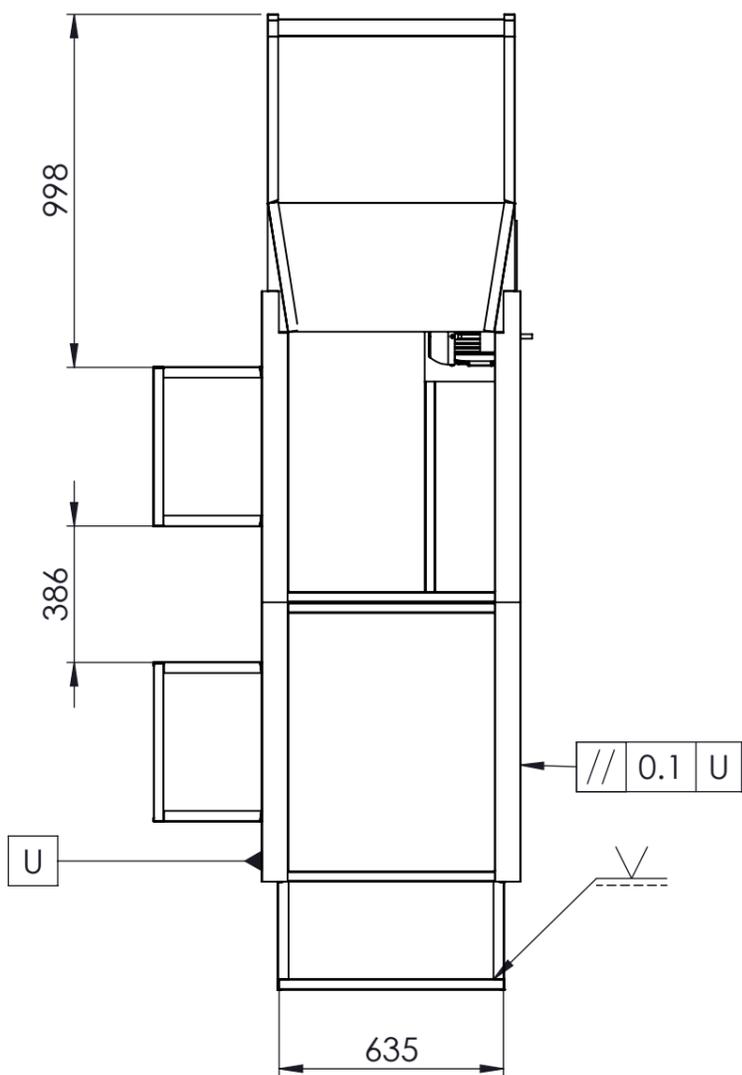
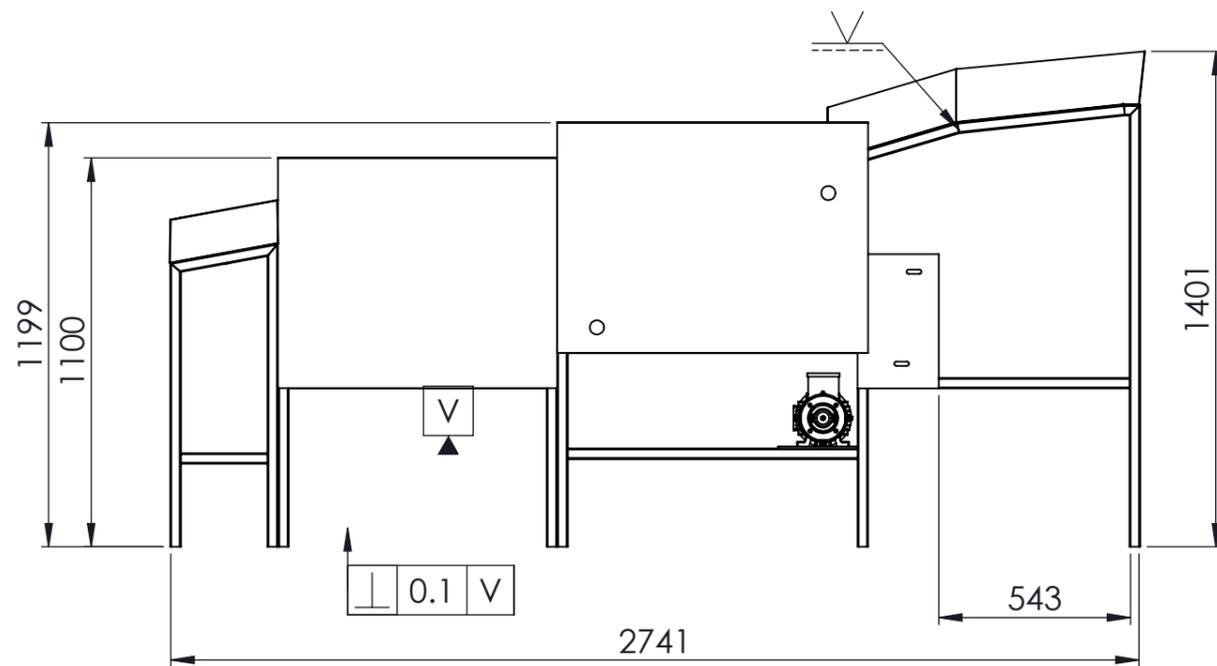
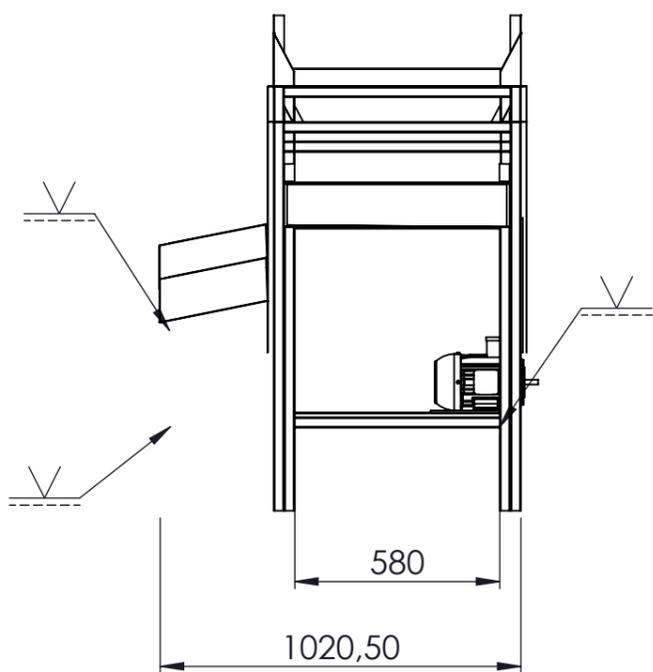
11	Tol 4	2	ASTM A-36	3.94	030
10	Bandeja almacenadora	1	ASTM A-36	1.59	029
9	Tapa bandeja de almacenamiento	3	ASTM A-36	0.57	028
8	Estructura producto 3	1	ASTM A-36	7.082	027
7	Estructura segunda etapa	1	ASTM A-36	14.71	026
6	Estructura primera etapa	1	ASTM A-36	27.89	025
5	Tol derecha	2	ASTM A-36	4.15	024
4	Motor monofásico 0.5HP	1	-	36.52	Repuesto
3	Platina base transmisión	1	AISI 1018	4.07	023
2	Tol 2	2	ASTM A-36	0.89	022
1	Tol 1	1	ASTM A-36	4	021
N° de pieza	Descripción	Cantidad	Material	Peso Kg	N° de plano



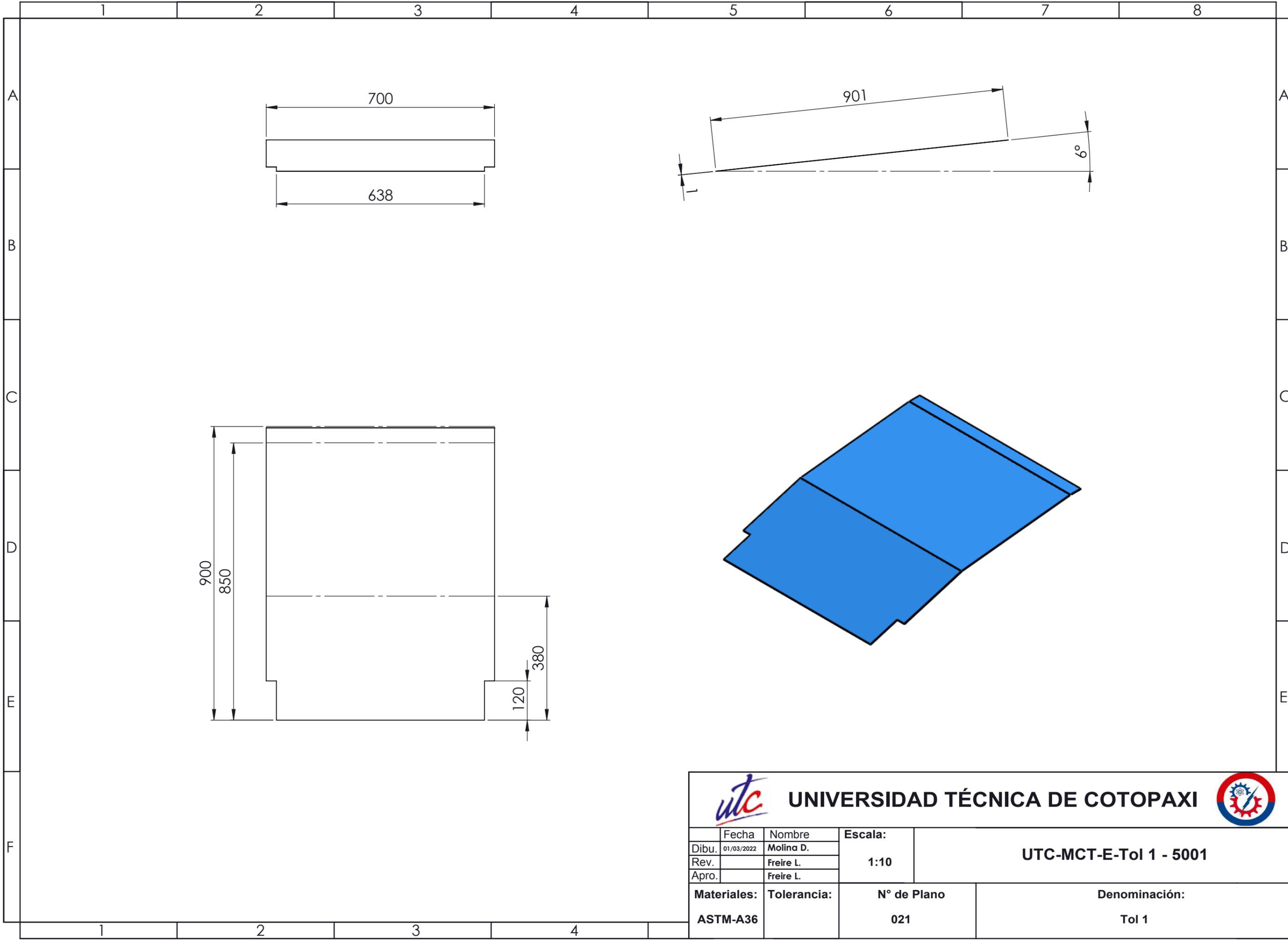
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



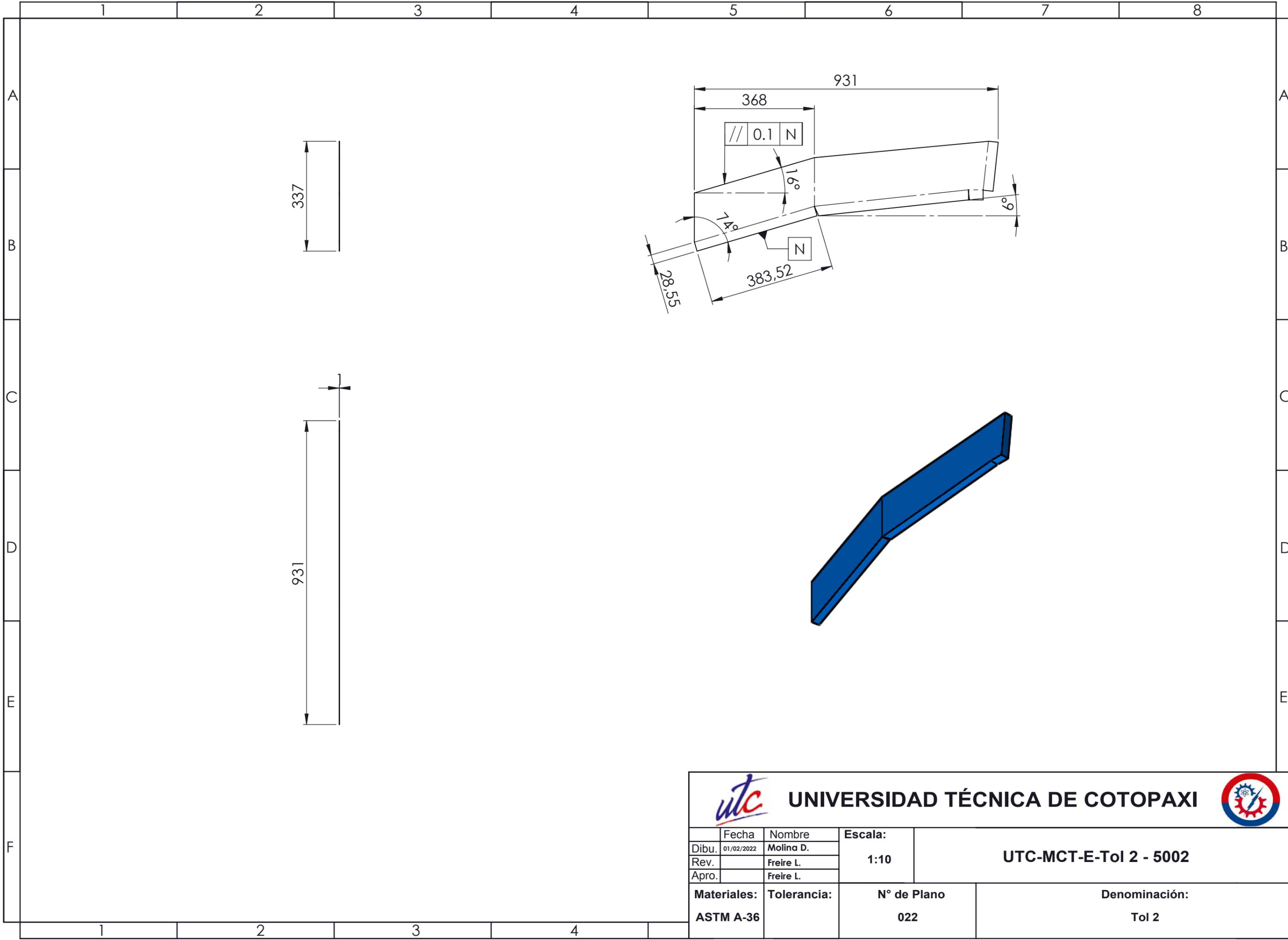
Dibu.	01/03/2022	Molina D.	Escala: 1:20	UTC-MCT-E-005
Rev.		Freire L.		
Apro.		Freire L.		
Materiales:	Tolerancia:	N° de Plano	Denominación:	
	±0.001	019	Estructura	



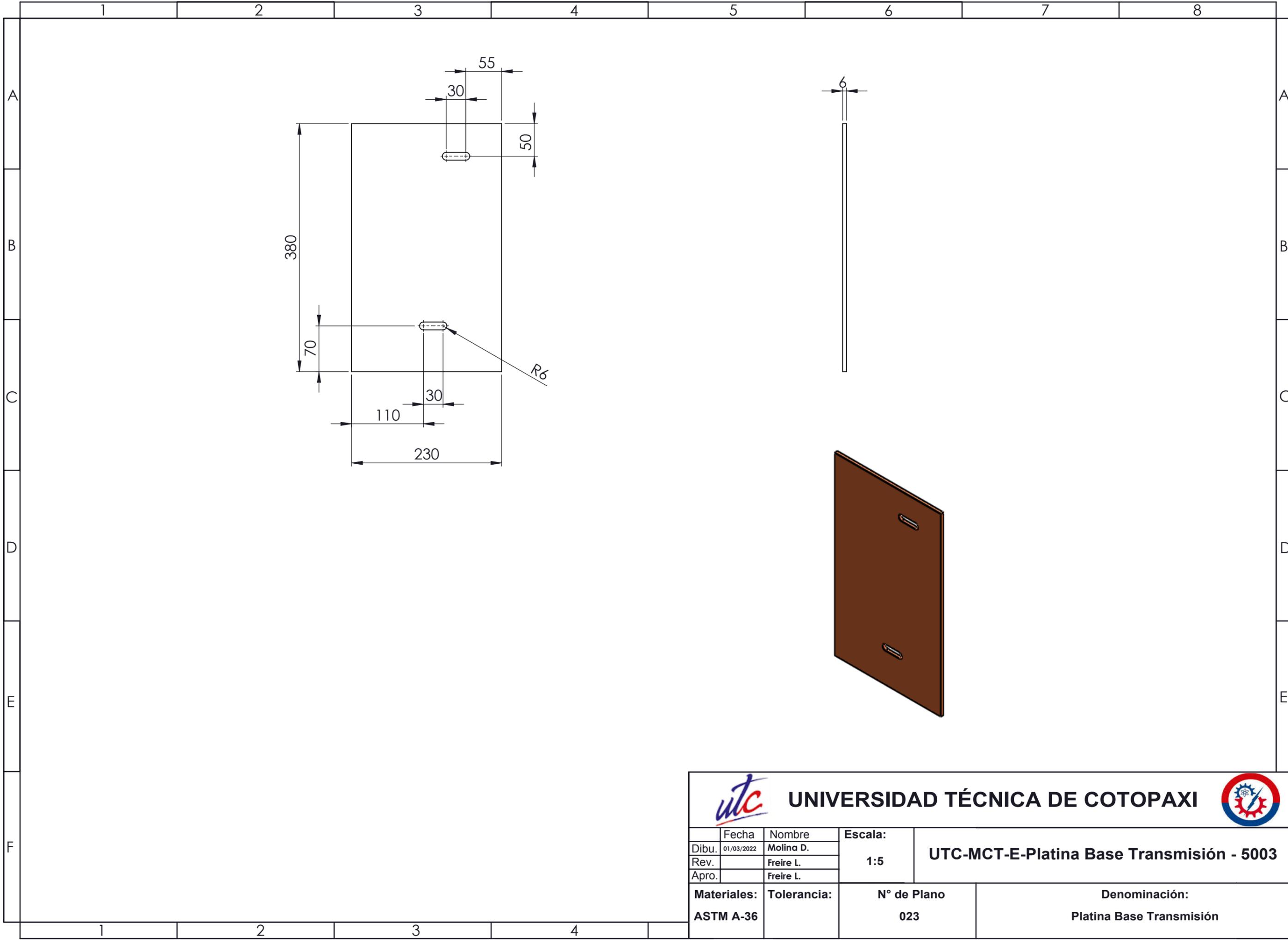
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI 		UTC-MCT-E-005-2	
Fecha 01/03/2022	Nombre Molina D.			Escala: 1:20
Rev.	Freire L.	N° de Plano 020	Denominación: Estructura
Apro.	Freire L.		
Materiales:		Tolerancia: ±0.001	



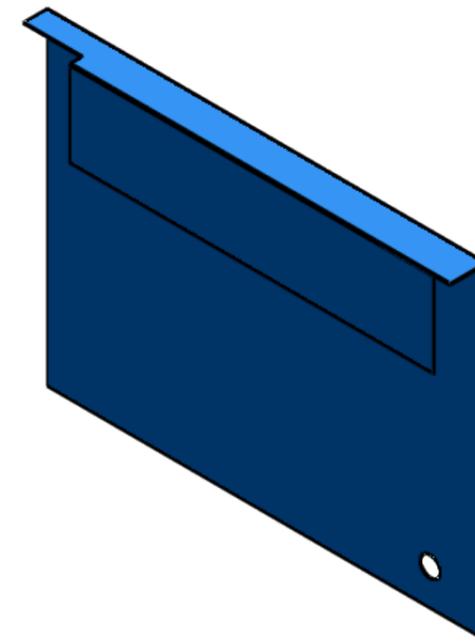
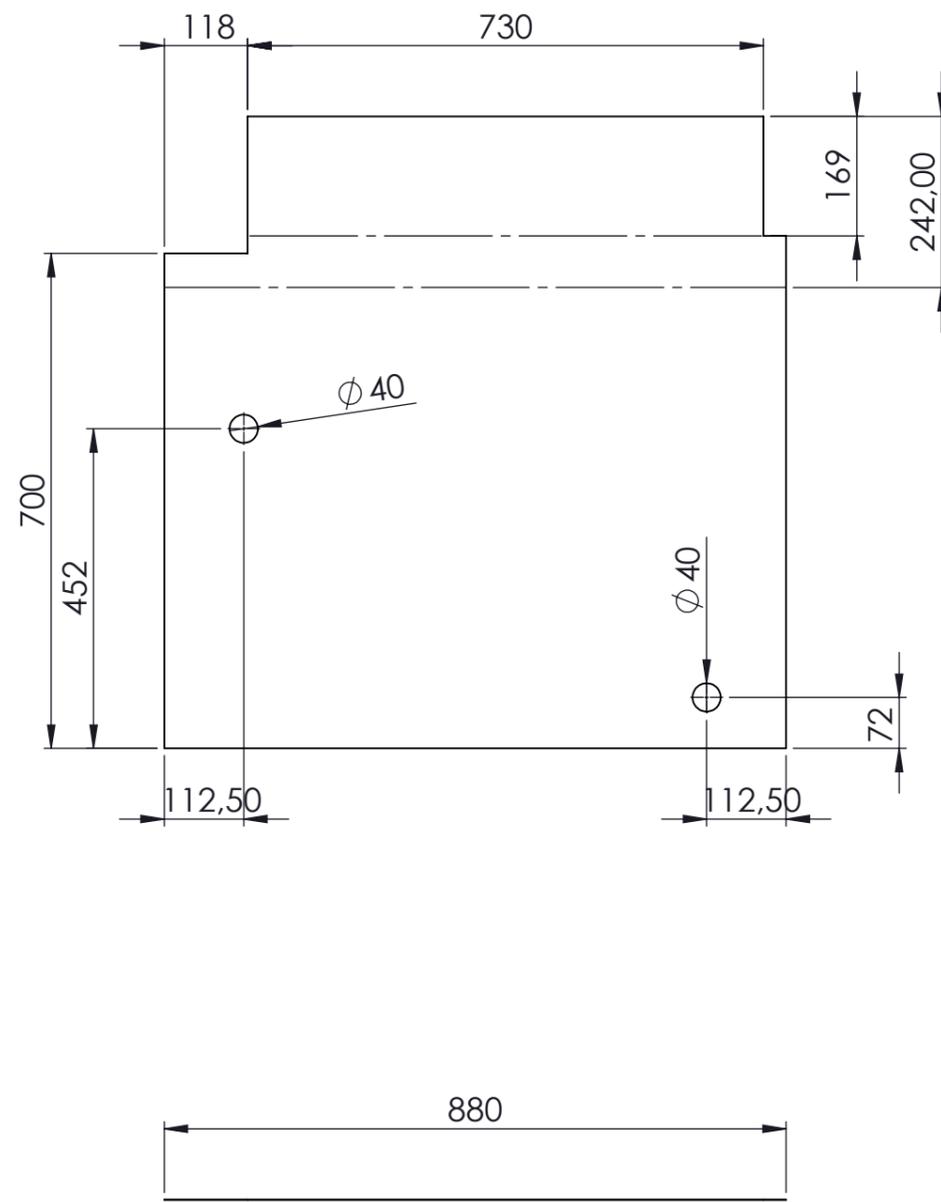
		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI			
Fecha	Nombre	Escala:	UTC-MCT-E-To1 1 - 5001		
Dibu. 01/03/2022	Molina D.				
Rev.	Freire L.				
Apro.	Freire L.	1:10			
Materiales:	Tolerancia:	N° de Plano	Denominación:		
ASTM-A36		021	To1 1		



 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI 																
<table border="1"> <tr> <td>Fecha</td> <td>Nombre</td> <td rowspan="3">Escala:</td> <td rowspan="3"> UTC-MCT-E-ToI 2 - 5002 </td> </tr> <tr> <td>Dibu. 01/02/2022</td> <td>Molina D.</td> <td rowspan="2">1:10</td> </tr> <tr> <td>Rev.</td> <td>Freire L.</td> </tr> <tr> <td>Apro.</td> <td>Freire L.</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Fecha	Nombre	Escala:	UTC-MCT-E-ToI 2 - 5002	Dibu. 01/02/2022	Molina D.	1:10	Rev.	Freire L.	Apro.	Freire L.			Denominación: Tol 2		
Fecha	Nombre	Escala:			UTC-MCT-E-ToI 2 - 5002											
Dibu. 01/02/2022	Molina D.					1:10										
Rev.	Freire L.															
Apro.	Freire L.															
Materiales: ASTM A-36	Tolerancia:	N° de Plano 022														



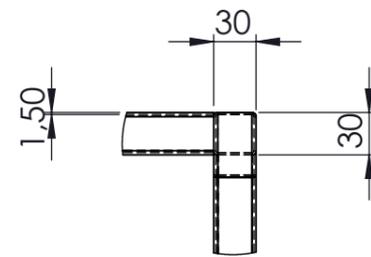
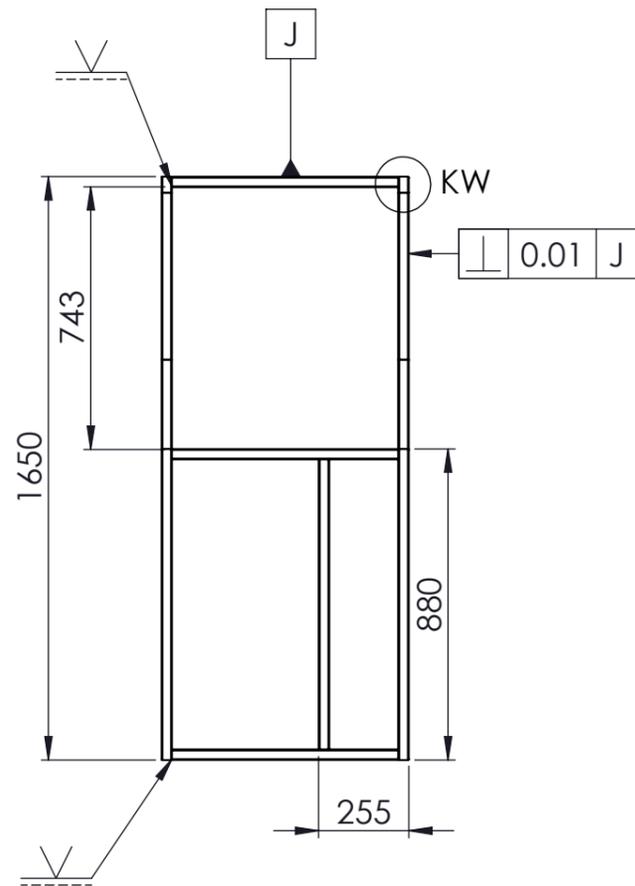
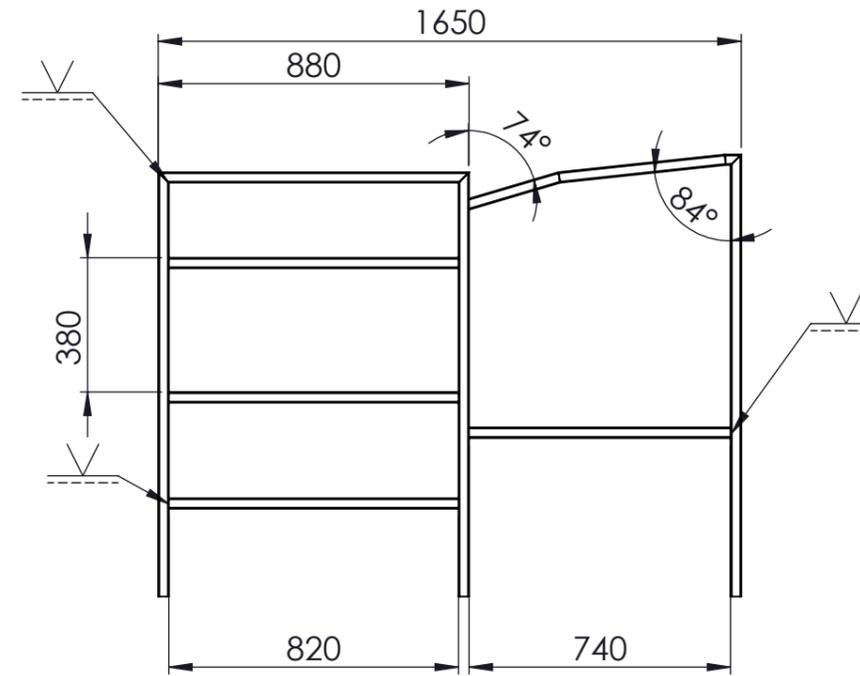
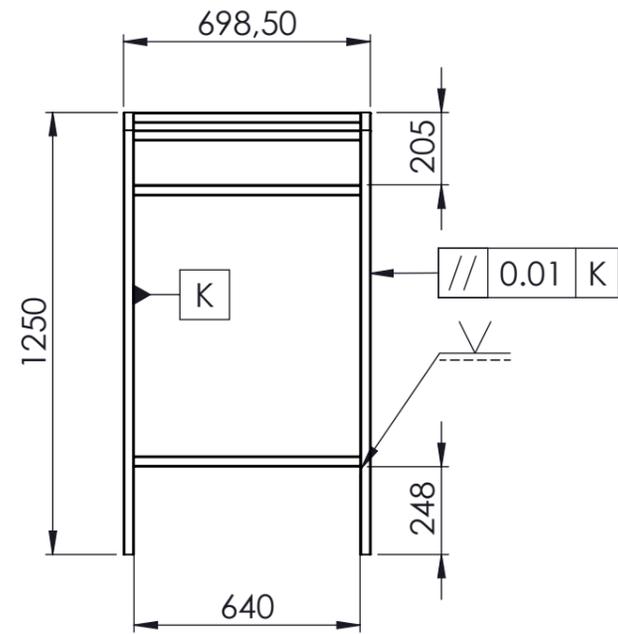
		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI 	
Rev.	Freire L.	N° de Plano 023	Denominación: Platina Base Transmisión
Apro.	Freire L.		



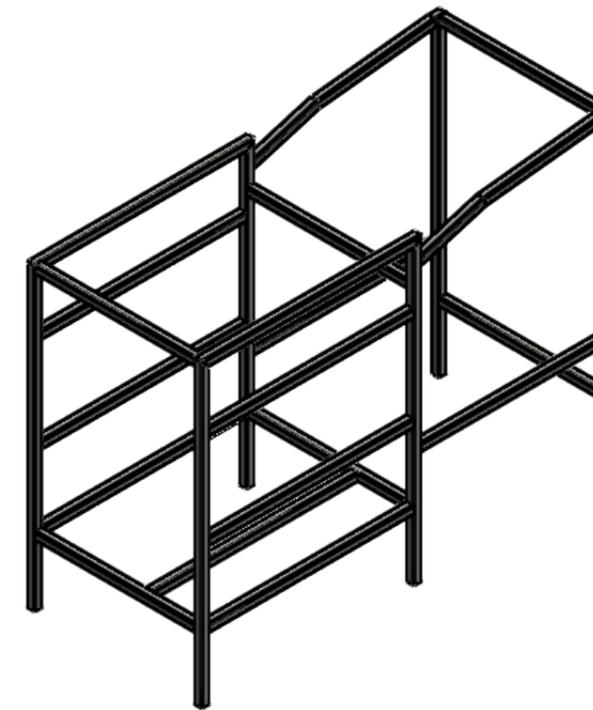
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha	Nombre	Escala:	UTC-MCT-E-Toi Derecha- 5004
Dibu. 01/03/2022	Molina D.		
Rev.	Freire L.		
Apro.	Freire L.	1:10	
Materiales:	Tolerancia:	N° de Plano	Denominación:
ASTM A-36		024	Toi Derecha



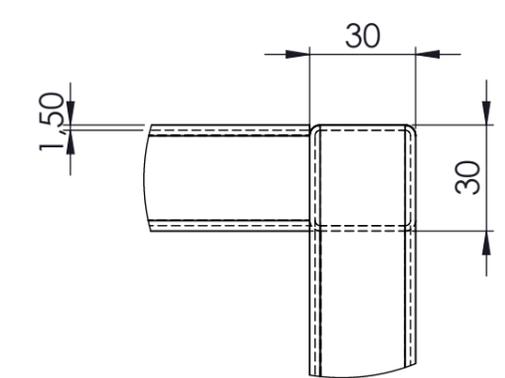
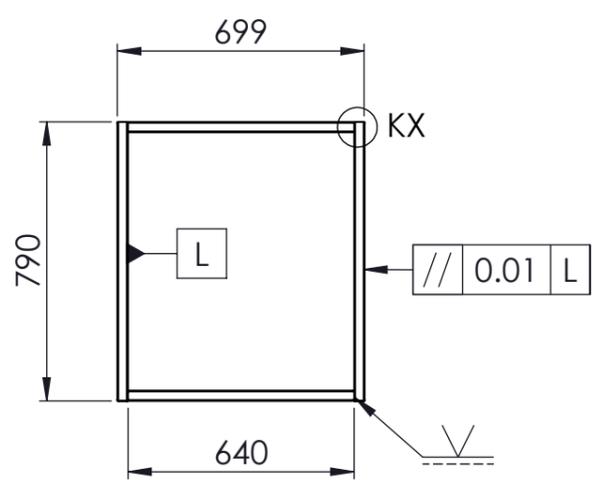
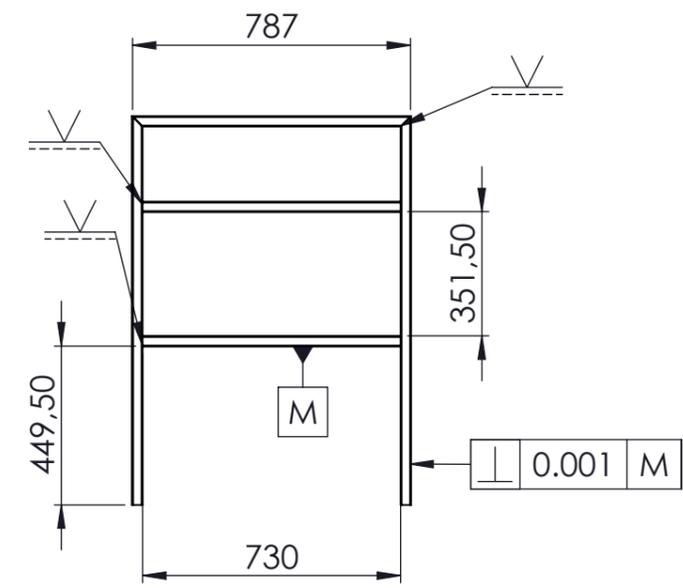
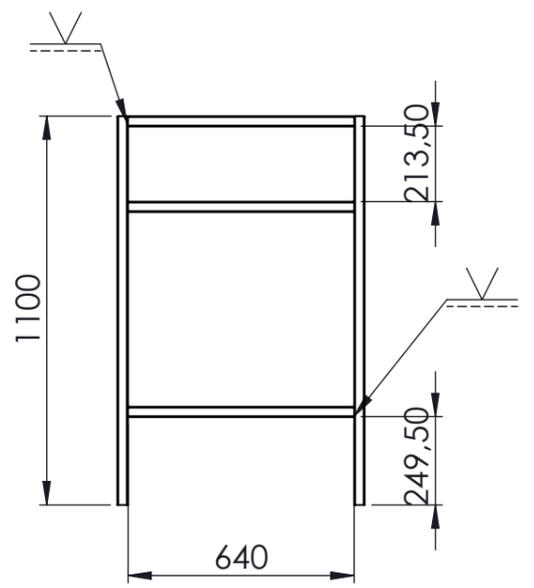
DETALLE KW
ESCALA 1 : 5



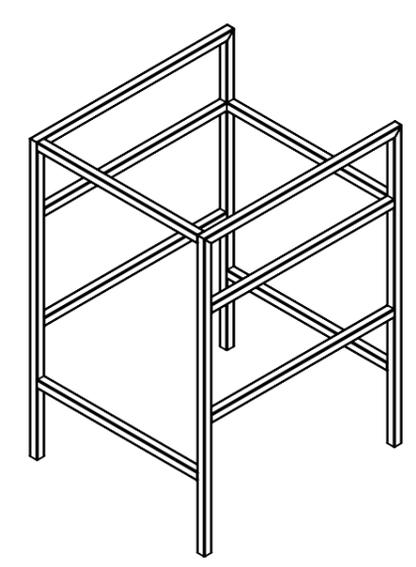
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



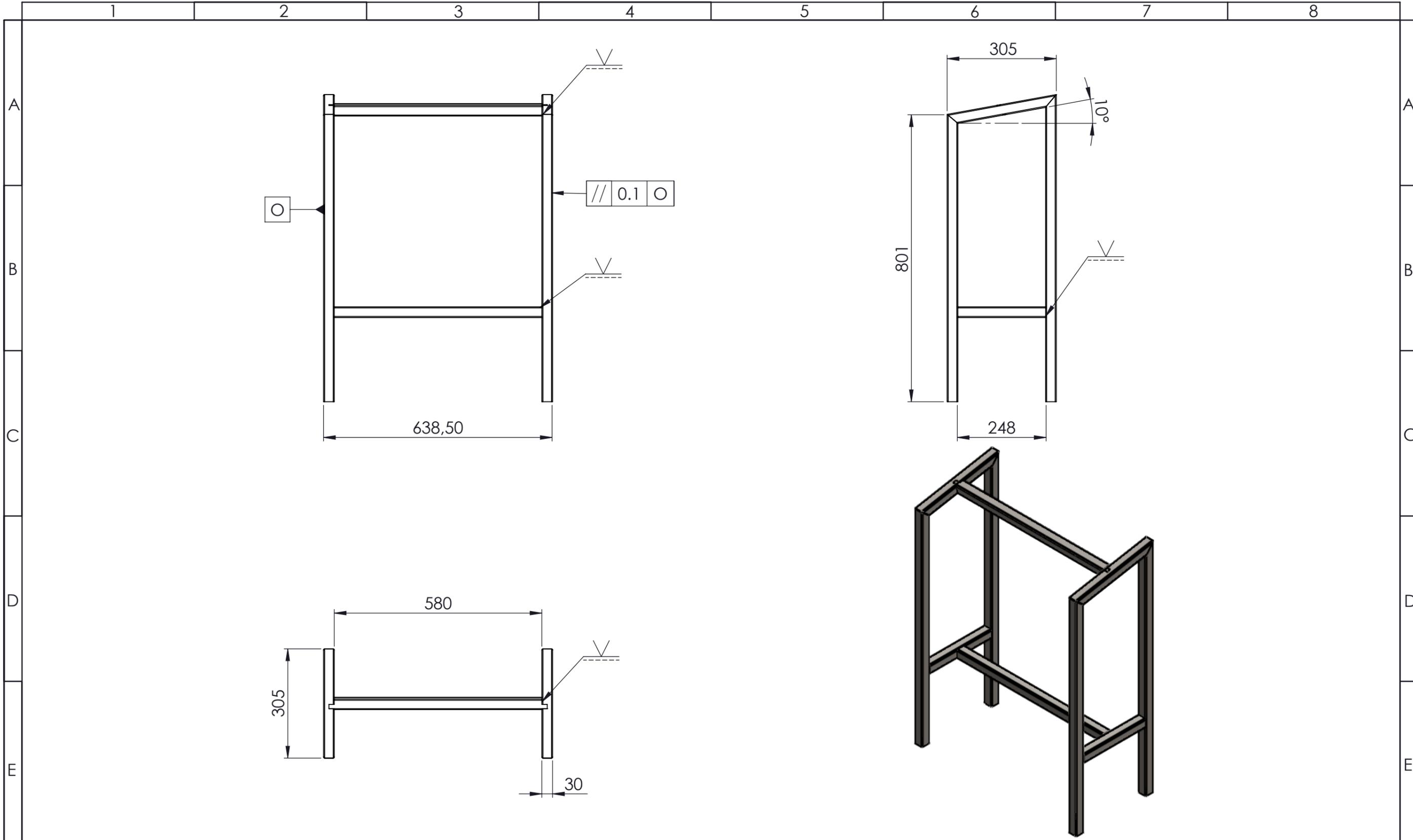
Fecha	Nombre	Escala:	UTC-MCT-E-Estructura Primera Etapa- 5005	
Dibu. 01/03/2022	Molina D.			1:20
Rev.	Freire L.			
Apro.	Freire L.			
Materiales:	Tolerancia:	N° de Plano	Denominación:	
ASTM A-36		025	Estructura Primera Etapa	



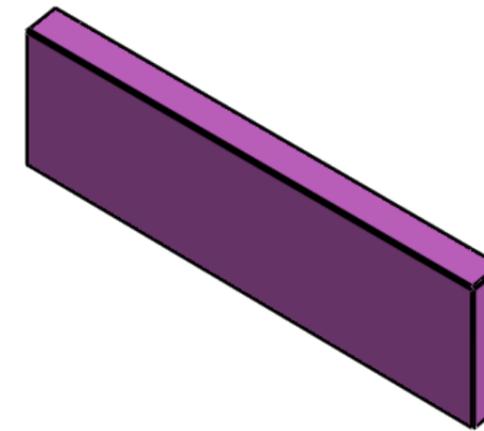
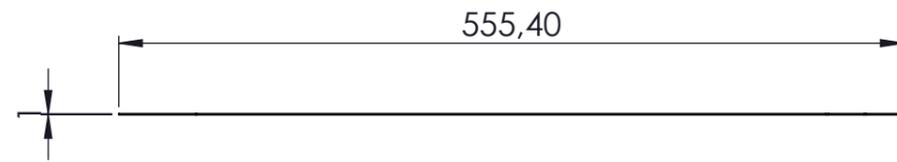
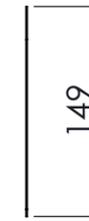
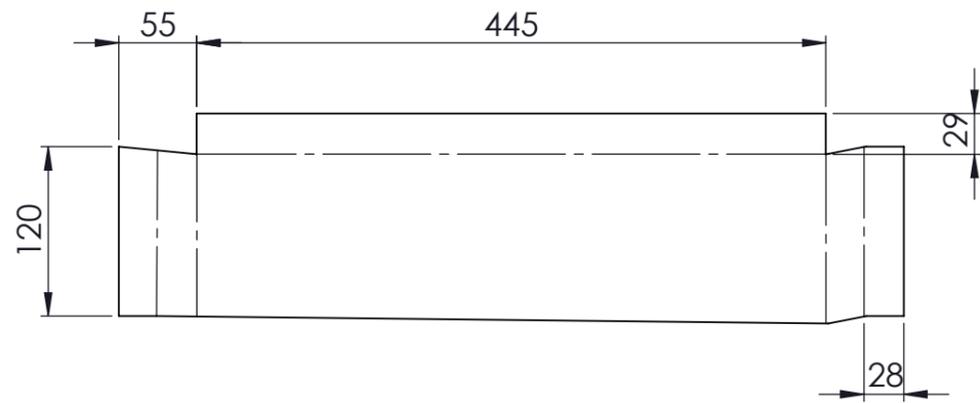
DETALLE KX
ESCALA 1 : 2



		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI 	
Dibu.	Rev.	Apro.	Denominación: Estructura Segunda Etapa
Materiales: ASTM A-36	Tolerancia:	N° de Plano: 026	



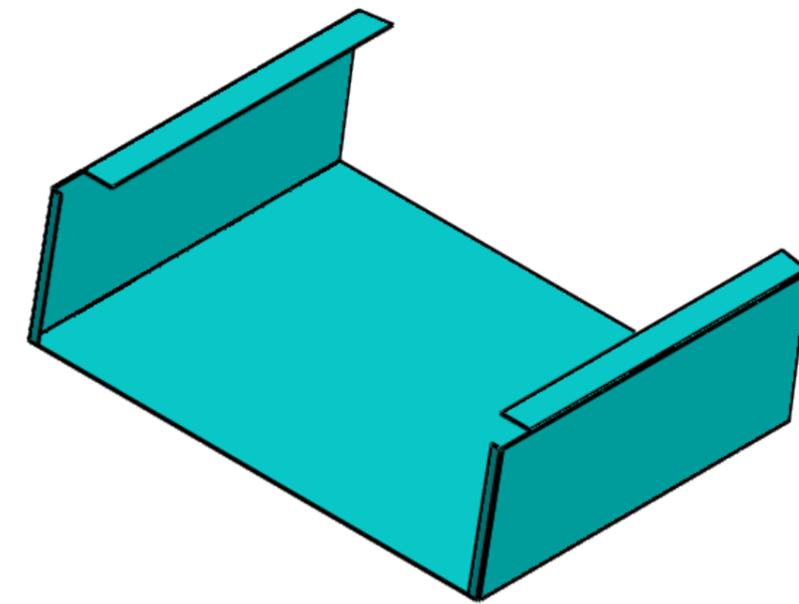
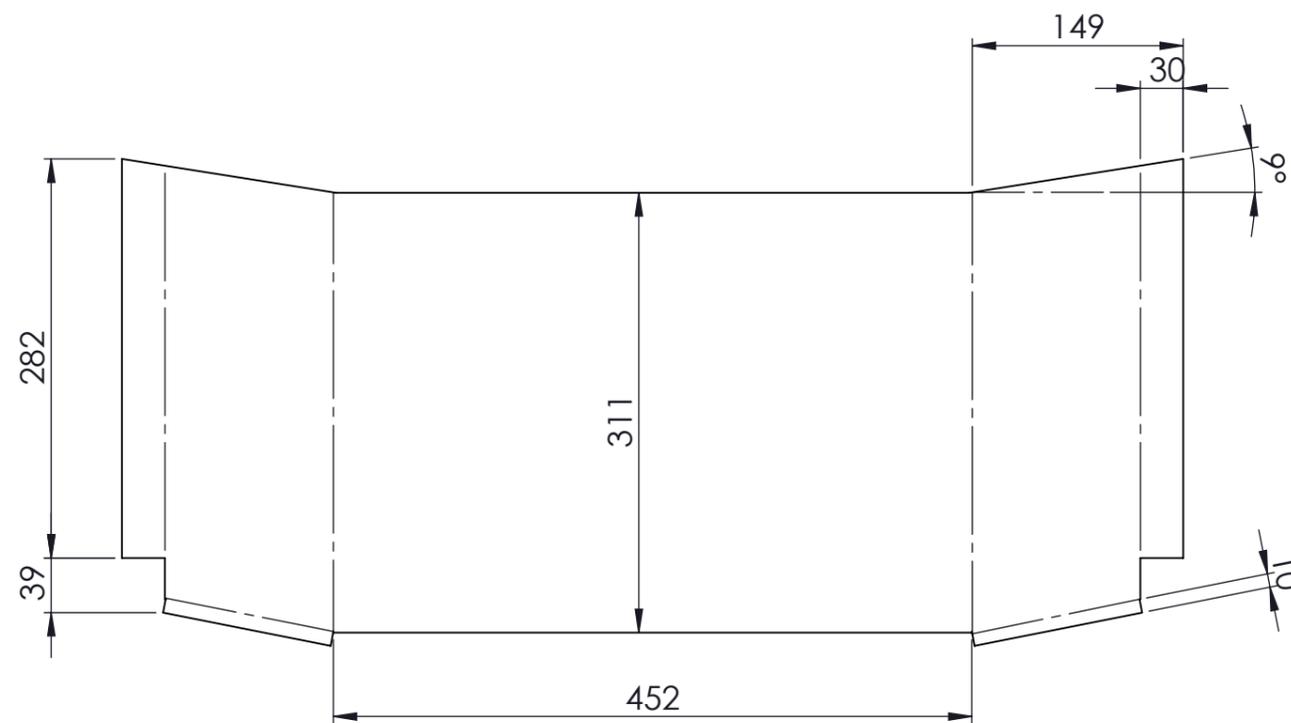
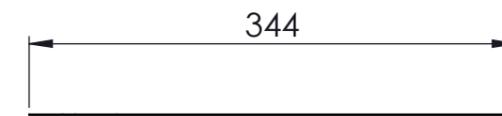
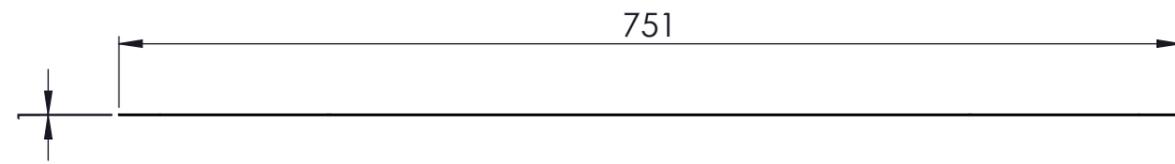
		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI 	
Fecha: 01/03/2022	Nombre: Molina D.	Escala: 1:10	Denominación: Estructura Producto 3
Rev.:	Freire L.		
Apro.:	Freire L.		
Materiales: ASTM A-36	Tolerancia:	N° de Plano: 027	



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



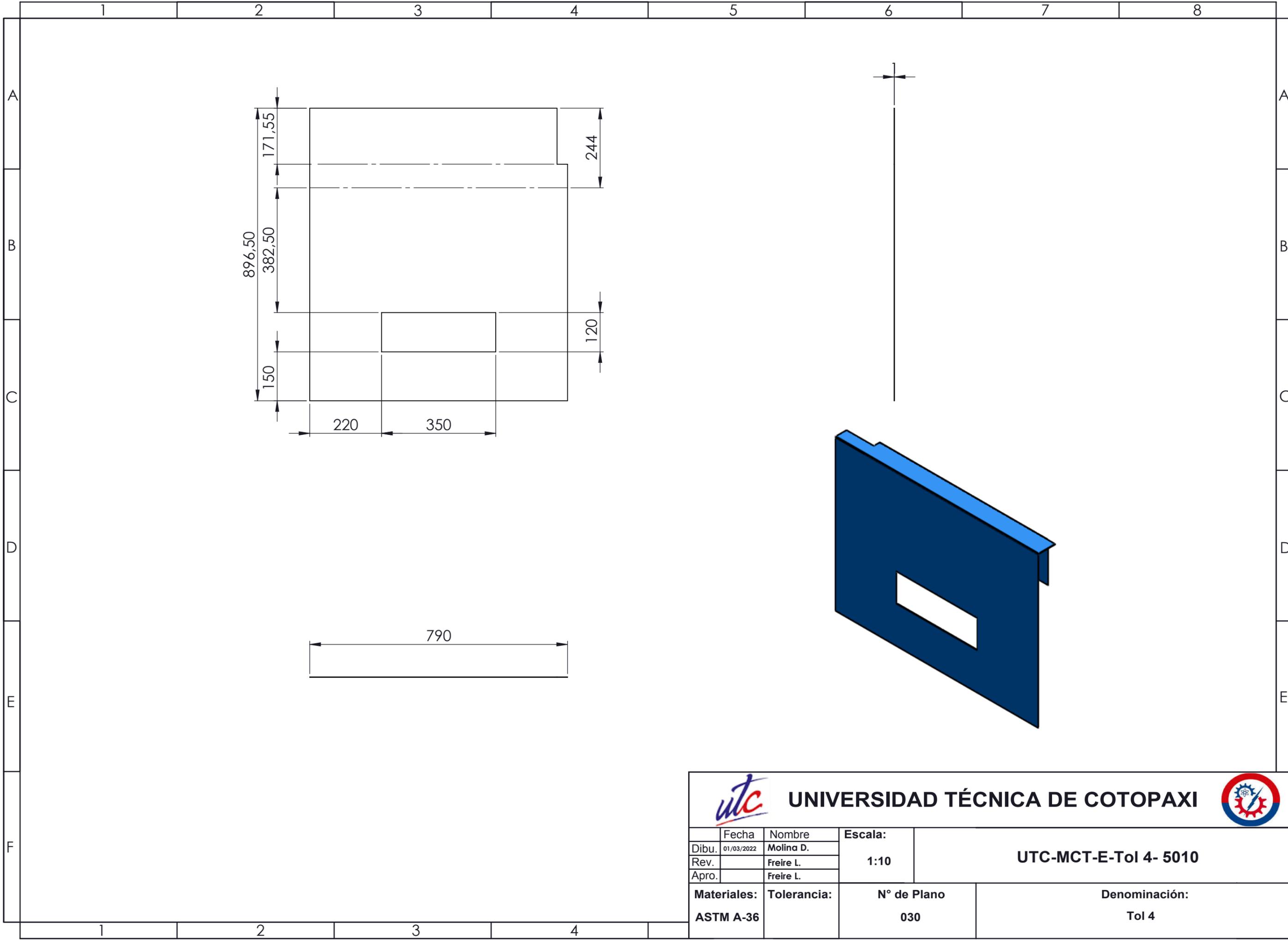
Fecha	Nombre	Escala:	UTC-MCT-E-Tapa Almacenamiento- 5008	
Dibu. 01/03/2022	Molina D.			1:5
Rev.	Freire L.			
Apro.	Freire L.			
Materiales:	Tolerancia:	N° de Plano	Denominación:	
ASTM A-36		028	Tapa Bandeja de Almacenamiento	



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Dibu.	01/03/2022	Molina L.	Escala: 1:5	UTC-MCT-E-Bandeja Almacenadora- 5009
Rev.		Freire L.		
Apro.		Freire L.		
Materiales:	ASTM A-36	Tolerancia:	N° de Plano 029	Denominación: Bandeja Almacenadora



		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI		
Fecha	Nombre	Escala:	UTC-MCT-E-ToI 4- 5010	
Dibu. 01/03/2022	Molina D.			
Rev.	Freire L.			
Apro.	Freire L.	1:10		
Materiales:	Tolerancia:	N° de Plano	Denominación:	
ASTM A-36		030	ToI 4	