



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

**IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA LIMPIADORA Y
CLASIFICADORA DE TUNA PARA REDUCIR EL TIEMPO DE
EMPACADO**

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

Autores:

León Chiluisa Jonathan Stalin

Alexandra Elizabeth Llanganate Guano

Tutor Académico:

Ing. Mg. Edwin Homero Moreano
Martínez

Latacunga-Ecuador

Marzo - 2022



DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, Jonathan Stalin León Chiluisa y Alexandra Elizabeth Llanganate Guano, declaramos ser autores de la siguiente Propuesta Tecnológica: **“IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA LIMPIADORA Y CLASIFICADORA DE TUNA PARA REDUCIR EL TIEMPO DE EMPACADO.”** siendo el Ing. Edwin Homero Moreano Martínez Mg. 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, certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en la siguiente Propuesta Tecnológica, son de nuestra exclusiva responsabilidad,

Latacunga, marzo 2022.

León Chiluisa Jonathan Stalin

C.C. 0502861727

Alexandra Elizabeth Llanganate Guano

C.C. 0503964371

AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de tutor de la Propuesta Tecnológica sobre el título:

“IMPLEMENTACIÓN DE UNA MAQUINA LIMPIADORA Y CLASIFICADORA DE TUNA PARA REDUCIR EL TIEMPO DE EMPACADO” de Jonathan Stalin León Chiluisa y Alexandra Elizabeth Llanganate Guano, Estudiantes 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, marzo 2022.



Ing.MgS. Edwin Homero Moreano Martínez

C.I 0502607500

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe Tecnológico 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, los postulantes: Jonathan Stalin León Chiluisa y Alexandra Elizabeth Llanganate Guano, con el Título de Proyecto de Titulación: **“IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA LIMPIADORA Y CLASIFICADORA DE TUNA PARA REDUCIR EL TIEMPO DE EMPACADO”**, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustanciación de Proyecto.

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

Latacunga, marzo del 2022.

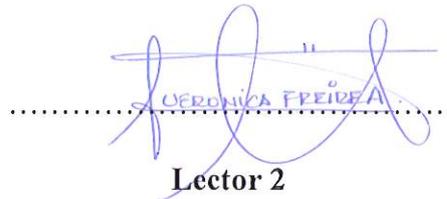
Para constancia firman:



Lector 1 (Presidente)

Ing.M.Sc. Luis Rolando Cruz

C.C. 0502595176



Lector 2

Ing. Ms.C. Verónica Paulina Freire

C.C. 0502056229



Lector 3

Ing.MBA Raúl Reinoso Peñaherrera

C.C. 0502150899



Universidad
Técnica de
Cotopaxi



Ingeniería
Electromecánica

CERTIFICADO DE IMPLEMENTACIÓN

Mediante el presente pongo a consideración, que los Egresados **León Chiluisa Jonathan Stalin** con el número de cedula **0502861727** y **Alexandra Elizabeth Llanganate Guano** con número de cedula **0503964371**, realizaron su Proyecto de Tesis en el cultivo de tunas del Sr. **León Hermenegildo Malliquinga Bustos** en la provincia de Cotopaxi Cantón salcedo parroquia panzaleo barrio San José de Jacho, con el tema: **“IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA LIMPIADORA Y CLASIFICADORA DE TUNA PARA REDUCIR EL TIEMPO DE EMPACADO”** Trabajo que se implementó y se dejó en completo funcionamiento.

Es todo cuanto puedo certificar, pudiendo hacer uso del mismo dentro de las leyes de la Republica y Normas Internacionales.

Latacunga, marzo del 2022.

Atentamente.

Sr. León Hermenegildo Malliquinga

C.I. 1800998112

Propietario



Agradecimiento

El más sincero agradecimiento a nuestra alma mater, la Universidad Técnica de Cotopaxi, y en especial a la familia de ingenieros electromecánicos, en especial al Ing. MgS. Edwin Homero Moreano Martínez ,quien con dedicación y sapiencia ha sabido guiarnos para culminar esta propuesta tecnológica.

Agradecemos a Dios por permitirnos alcanzar este logro y llegar hasta donde estamos, por haber puesto a personas maravillosas e increíbles en nuestro camino, las cuales nos brindaron su apoyo incondicional, siendo los más importantes nuestros padres, quienes son la razón de nuestro triunfo, por todo el apoyo brindado en nuestra vida Universitaria.

J.S.L.CH

A.E.LL.G



Dedicatoria

En la presente tesis lo dedico a nuestros padres que con sacrificio y grandes esfuerzos realizados nos han apoyado incondicionalmente en esta etapa importante de nuestra vida, dando gracias aquellos consejos que recibimos al inicio y en el transcurso de una vida académica finalizando con éxitos una carrera, así llegando a una etapa final siendo el orgullo de las personas que me apoyaron y sin duda lo seguirán haciendo.

A nuestros docentes que nos acompañaron y compartieron sus conocimientos y experiencias a lo largo de estos años, enseñanzas valiosas para una buena formación tanto personal como profesional.

J.S.L.CH

A.E.LL.G

Índice

1	INFORMACIÓN GENERAL	1
2	INTRODUCCIÓN	2
2.1	EL PROBLEMA	2
2.1.1	Situación Problemática	2
2.1.2	Fórmulación 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	4
3.	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	6
3.1	ANTECEDENTES	6
3.1.1	Determinación del calibre.....	7
3.1.2	Requisitos generales de la tuna.....	7
3.1.3	Embalaje	8
3.1.4	Tiempo de maduración y cosecha de la tuna.....	9
3.1.5	Métodos para limpiar la tuna	9
3.1.5.1	Método de barrido	9
3.1.5.2	Método de limpieza en mallas	10
3.1.5.3	Método de clasificación de la tuna	10
3.2	TIPOS DE MÁQUINAS LIMPIADORAS DE TUNA.....	11
3.3	MÁQUINA LIMPIADORA DE TUNA POR RODILLOS	11
3.4	CLASIFICACIÓN DE SISTEMAS DE LA MÁQUINA LIMPIADORA DE TUNA CON RODILLOS	12
3.4.1	Sistema de succión	13
3.4.2	Sistema cinemático de limpieza	13
3.4.3	Estructura.....	13
3.4.4	Sistema eléctrico y de control.....	13
3.5	SISTEMA MECÁNICO	13
3.5.1	Sistema cinemático de limpieza	13

3.5.1.1	Rodillos.....	13
3.5.1.2	Partes de los rodillos.....	13
3.5.1.4	Rodamientos	14
3.5.1.4	Piñones	14
3.5.2	Materiales para el proceso de limpieza y recubrimiento del rodillo.....	15
3.5.2.1	Fibra de nylon y espuma de poliuretano.....	15
3.6	SISTEMAS DE TRANSMISIÓN DE POTENCIA	15
3.6.1	Piñones con cadena.....	16
3.6.2	Cadenas.....	16
3.7	SISTEMA ELÉCTRICO Y DE CONTROL	17
3.7.1	Motor trifásico	17
3.7.2	Protecciones del motor	17
3.7.2.1	Disyuntor	18
3.7.3	Variador de frecuencia.....	18
3.7.4	Sistema de control del motor.....	18
4.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	19
4.1	ALCANCE.....	19
4.1.2	Instrumentos	20
4.1.3	Declaración de variables.....	21
4.1.3.1	Relación de variables.....	21
4.2	SISTEMAS MECÁNICOS.....	21
4.2.1	Estructura.....	21
4.2.2	Diseño dimensional	21
4.2.3	Selección del tipo de máquina	22
4.2.4	Selección del sistema de transmisión	23
4.2.5	Selección de materiales a emplear en la estructura	24
4.2.6	Selección de materiales a emplear en el rodillo	25
4.3.1	Dimensionamiento de elementos.....	26
4.3.2	Estructura.....	26
4.3.3	Esfuerzo admisible de la estructura	26
4.3.5	Longitud de los rodillos	27
4.3.6	Selección de piñones	27
4.3.7	Dimensionamiento de la fibra de nylon y esponja de poliuretano	27
4.3.8	Cálculo de la longitud de la cadena requerida.....	27
4.4	SISTEMA ELÉCTRICO Y DE CONTROL	27

4.4.1	Selección del motor	27
4.4.2	Selección del variador de frecuencia	28
4.4.3	Selección del conductor	28
4.4.3.1	Intensidad de corriente admisible	28
4.4.4	Selección de la protección	28
4.4.4.1	Para la selección del guarda motor se utiliza las siguientes fórmulas:.....	28
5.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	29
5.1	DETERMINACIÓN DE LAS DIMENSIONES DE LA TUNA	29
5.1.1	Valor promedio del volumen de fruta.....	29
5.1.1.2	Tunas grandes	30
5.1.1.3	Valor promedio de las tunas grandes.....	30
5.1.1.4	Tunas medianas	30
5.1.1.5	Valor promedio de las tunas medianas	31
5.1.1.6	Tuna pequeña.....	31
5.1.1.7	Valor promedio de las tunas pequeñas	32
5.1.1.8	Valor promedio de todas las dimensiones de las tunas	32
5.2	SISTEMA MECÁNICO	33
5.2.2	Estructura.....	33
5.2.3	Diseño de la estructura de soporte metálico	35
5.2.4	Análisis de cargas en la estructura.....	37
5.2.5	Cargas en el eje.....	38
5.2.6	Longitud de los rodillos	39
5.2.6.1	Partes del rodillo	40
5.2.6.2	Dimensiones del cuerpo del rodillo	40
5.2.6.3	Acero A36	40
5.2.6.4	Selección del recubrimiento de los rodillos.....	41
5.2.7	Dimensionamiento de la fibra	43
5.2.8	Selección de piñones	44
5.2.9	Selección de la cadena del sistema de transmisión	44
5.2.9.1	Cálculo de la longitud de la cadena requerida	46
5.3	SISTEMA DE CONTROL Y ELÉCTRICO	48
5.3.1	Sistema de transmisión	48
5.3.2	Sistema eléctrico y de potencia	48
5.3.2.1	Cálculo de velocidades	48
5.3.2.2	Selección del motor	51

5.3.2.3	Motor trifásico siemens	54
5.3.2.4	Variador de frecuencia Siemens Sinamics v20	55
5.3.3	Sistema de control del proceso	56
5.3.3.1	Selección del conductor eléctrico	57
5.3.4	Selección de la protección	58
5.4	SIMULACIÓN DE LA MÁQUINA	59
5.4.1	Características a mencionar respecto a la mesa de rodillos.....	60
5.4.2	Requerimientos para la máquina	60
5.5	SISTEMA DE LIMPIEZA DE LA TUNA.....	61
5.6	COMPARACIÓN DE TIEMPO EMPLEADO PARA LA LIMPIEZA Y CLASIFICACIÓN DE LA TUNA.	62
5.7	DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DE LIMPIEZA DE LA TUNA	62
5.8	COSTOS DE TRABAJO	63
5.9	PRESUPUESTO.....	64
5.10	ANÁLISIS DE IMPACTO	66
5.10.1	Impacto tecnológico	66
5.10.2	Impacto económico.....	66
5.10.3	Impacto ambiental	67
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	68
6.1	CONCLUSIONES	68
6.2	RECOMENDACIONES.....	69
7.	BIBLIOGRAFÍA.....	70
8.	ANEXOS	74

Índice de tablas

Tabla 3.1. Calibre de las tunas. [3].....	7
Tabla 4.1. Variables de proceso.....	21
Tabla 4.2 Selección del tipo de máquina.....	22
Tabla 4.3. Selección del sistema de transmisión de potencia.....	24
Tabla 4.4. Selección de acero.....	25
Figura 4.5. Selección del material para el rodillo.....	25
Tabla 5.1. Datos de las tunas grandes.....	30
Tabla 5.2. Datos de la tuna mediana.....	30
Tabla 5.3. Datos de la tuna pequeña.....	31
Tabla 5.4. Datos promedios de las tunas.....	32
Tabla 5.5. Acero estructural.....	33
Tabla 5.6. Dimensiones de la base de la estructura.....	35
Tabla 5.7. Dimensiones de la mesa de soporte de los rodillos.....	36
Tabla 5.8. Dimensiones de los piñones de los rodamientos.....	36
Tabla 5.9. Dimensiones de los rodamientos de los rodillos.....	36
Tabla 5.10. Dimensiones de los rodamientos que sujeta a la cadena.....	36
Tabla 5.11. Dimensiones de la clasificadora de fruto.....	36
Tabla 5.12. Demisiones de las bandejas que recogerán las espigas de la fruta.....	37
Tabla 5.13. Carga de la máquina limpiadora y clasificadora de tuna.....	37
Tabla 5.14. Resumen de resultados estáticos.....	38
Tabla 5.15. Tabla de resumen de resultados en el eje.....	38
Tabla 5.16. Composición química del acero negro.....	41
Tabla 5.17. Prueba de materiales para la limpieza de tuna.....	41
Tabla 5.18. Partes del rodillo y dimensiones de la fibra.....	43
Tabla 5.19. Tabla de los valores de K según sea la cantidad D. [18].....	47
Tabla 5.20. Datos para el cálculo de la longitud de la cadena.....	47
Tabla 5.21. Datos de la experimentación de la limpieza de la tuna.....	49
Tabla 5.22. Fuerzas que intervienen en el cálculo de la potencia del motor.....	54
Tabla 5.23. Características del motor trifásico siemens de 1 hp.....	54
Tabla 5.24. Características de variador de frecuencia siemens sinamics v20.....	55
Tabla 5.25. Tabla para la selección del cable.....	58
Tabla 5.26. Comparación de los tiempos empleados para la limpieza y clasificación.....	62
Tabla 5.27. Ponderación de la densidad de despinado.....	62
Tabla 5.27. Densidad del despinado.....	63

Tabla 5.28. Cálculo de consumo en kW/h.....	64
Tabla 5.29. Valor de consumo de la máquina en un mes.	64
Tabla 5.30. Presupuesto de la máquina limpiadora y clasificadora de tuna.	64
Tabla 5.31. Presupuesto de gastos indirectos y profesionales.	65
Tabla E.1. Perfiles de la estructura.....	69

Índice de figuras

Figura 2.1. Diagrama causa efecto de la implementación de la máquina limpiadora y clasificadora de tuna.	3
Figura 3.1. Método de barrido de tuna.	10
Figura 3.2. Método de limpieza en mallas.....	10
Figura 3.3. Tipos de máquinas limpiadoras de tunas.	11
Figura 3.4. Máquina limpiadora de tunas con rodillos. [5]	12
Figura 3.5. División de sistemas de la máquina limpiadora con rodillos.....	12
Figura 3.6. Máquina con división de sistemas.	12
Figura 3.7. Rodillo.....	13
Figura 3.8. Rodamiento. [7]	14
Figura 3.9. Piñón. [8].....	15
Figura 3.10. Materiales para el proceso de limpieza de la tuna.....	15
Figura 3.11. Clasificación de los sistemas de transmisión de potencia.	16
Figura 3.12. Engranaje con cadena. [9]	16
Figura 3.13. Estructura básica de la cadena. [10].....	17
Figura 3.14. Variador de frecuencia. [13]	18
Figura 3.15. Sistema de control.....	19
Figura 4.1. Diagrama funcional de la máquina.	21
Figura 4.2. Esquema de la máquina limpiadora y clasificadora de tuna.	26
Figura 5.1. Máquina limpiadora y clasificadora de tuna.	35
Figura 5.2. Limpieza manual del fruto.	42
Figura 5.3. Limpieza del fruto con el prototipo.....	43
Figura 5.4. Piñón 16 dientes, paso 30.....	44
Figura 5.5. Esquema piñón y cadena. [17]	44
Figura 5.6. Grafica para la selección de la cadena. [16].....	46
Figura 5.7. Experimentación de la limpieza de la tuna.	49
Figura 5.8. Representación de las velocidades lineal y angular.	50
Figura 5.9. Caso crítico de los rodillos con las tunas.	52
Figura 5.10. Fuerza de fricción entre la tuna y la escoba de nylon.	53
Figura 5.11. Diagrama de flujo del sistema de control de la máquina.	56
Figura 5.12. Diagrama de conexión.....	57
Figura 5.11. Selección de guardamotor.	59
Figura 5.12.Simulación de la máquina limpiadora y clasificadora de tuna en inventor.....	60
Figura 5.13. Sistema de limpieza entre la tuna y la fibra.	61

Figura D.1. Estructura de la máquina limpiadora y clasificadora de tuna.....	81
Figura D.2. Desplazamiento.	81
Figura D.3. Fuerzas en el eje x.	81
Figura D.4. Fuerzas en el eje y.	81
Figura D.5. Fuerzas en el eje z.	82
Figura D.6. Momento en el eje x.	82
Figura D.7. Momento en el eje y.	82
Figura D.8. Momento en el eje z.	82
Figura D.9. Tensión máxima de la estructura.....	83
Figura D.10. Tensión normal mínima.	83
Figura D.11. Tensión de corte en el eje x.	83
Figura D.12. Tensión de corte en el eje y.	83
Figura D.13. Fuerza de torsión.	85
Figura F.1. Tensión de Von Mises.	85
Figura F.2. Desplazamiento.....	85
Figura F.3. Coeficiente de seguridad.....	85
Figura F.4. Tensión en xx.	86
Figura F.5. Tensión en xy.	86
Figura F.6. Tensión en xz.	86
Figura F.7. Tensión en yy.	87
Figura F.8. Tensión en yz.	87
Figura F.9. Tensión en zz.	87
Figura F.10. Deformación equivalente.	88



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

Tema: “Implementación de una máquina limpiadora y clasificadora de tuna para reducir el tiempo de empaçado”.

Autores: León Chiluisa Jonathan Stalin

Llanganate Guano Alexandra Elizabeth.

RESUMEN

El presente proyecto de titulación tiene como objetivo la implementación de una máquina limpiadora y clasificadora de tunas para el cultivo del Sr. León Hermenegildo Malliquinga Bustos en la provincia de Cotopaxi Cantón salcedo parroquia panzaleo barrio San José de Jacho, con la implementación de la máquina antes mencionada reduciremos el tiempo empleado de empaçado de aquel fruto. Se investiga el proceso de limpieza y clasificación de la tuna, donde se analiza el tiempo empleado en aquellas actividades, partiendo por la cantidad de fruto a empaçado, se determinó el valor promedio del tamaño de las tunas que hay en un balde y así se desarrolla el dimensionamiento estructural, el distanciamiento de los rodillos y el mecanismo que será capaz de despinar y clasificar el fruto. Para determinar la cantidad de rodillos se analizó el volumen de fruto cultivado para la limpieza y clasificado, el análisis de la fuerza de los rodillos y el dimensionamiento de la cadena es proporcionalmente a la calidad de limpieza del producto ya que entre más rodillos existentes es mejor la limpieza del fruto. Una vez implementada la propuesta se realizó las pruebas de campo para determinar el correcto funcionamiento de la máquina y así determinar el tiempo utilizado en el proceso de limpieza y clasificación, teniendo como resultado dos minutos y medio. Concluyendo que el tiempo empleado manualmente para la limpieza y clasificación por balde es de 7 min, mientras que con la implementación del prototipo limpiador y clasificador de tunas se redujo a un tiempo de 2 min y 30 seg por balde así también su capacidad es de 2 a 3 baldes.

Palabras clave: Reducción de tiempo, mecanismo, limpieza, clasificadora.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
FACULTY OF HUMANITIES SCIENCES AND EDUCATION

Topic: “Implementation of a tuna cleaning and sorting machine to reduce packing time”.

Authors: León Chiluisa Jonathan Stalin

Llanganate Guano Alexandra Elizabeth.

ABSTRACT

The objective of this degree project is the implementation of a prickly pear cleaning and sorting machine for the cultivation of Mr. Leon Hermenegildo Malliquinga Bustos in the province of Cotopaxi Canton Salcedo parish Panzaleo neighborhood San Jose de Jacho, with the implementation of the machine mentioned above we will reduce the time spent on packing that fruit. The process of cleaning and classification of the prickly pear is investigated, where the time spent in those activities is analyzed, starting with the amount of fruit to be packed, the average value of the size of the prickly pears that are in a bucket was determined and thus the structural dimensioning is developed, the distance of the rollers and the mechanism that will be able to remove and classify the fruit. To determine the number of rollers, the volume of fruit grown for cleaning and sorting was analyzed, the analysis of the strength of the rollers and the sizing of the chain is proportional to the cleaning quality of the product, since the more rollers there are, the better the cleaning of the fruit. Once the proposal was implemented, field tests were carried out to determine the correct operation of the machine and thus determine the time used in the cleaning and sorting process, resulting in two and a half minutes. It was concluded that the time used manually for the cleaning and classification per bucket is 7 min, while with the implementation of the prototype cleaner and classifier of prickly pears was reduced to a time of 2 min and 30 sec per bucket and also its capacity is from 2 to 3 buckets.

Keywords: Time reduction, mechanism, cleaning, classifier.

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que:

La traducción del resumen al idioma Inglés del proyecto de titulación cuyo título versa: **“IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA LIMPIADORA Y CLASIFICADORA DE TUNA PARA REDUCIR EL TIEMPO DE EMPACADO”**, presentado por: **León Chiluisa Jonathan Stalin y Llanganate Guano Alexandra Elizabeth**, estudiantes de la Carrera de: **Ingeniería en Electromecánica** perteneciente a la **Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas**, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente aval para los fines académicos legales.

Latacunga, 15 marzo del 2022

Atentamente,



CENTRO
DE IDIOMAS

Mg. Marco Paúl Beltrán Semblantes

DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC
CI: 0502666514

1 INFORMACIÓN GENERAL

Título: Implementación de una máquina limpiadora y clasificadora de tuna para reducir tiempo de empaclado.

Tipo de Proyecto: Propuesta Tecnológica

Fecha de inicio: Octubre 2021.

Fecha de finalización: Marzo 2022.

Lugar de ejecución: Provincia de Cotopaxi, Cantón Salcedo, Parroquia Panzaleo, Sector San José de Jacho.

Facultad que auspicia: Ciencias de la ingeniería y aplicadas.

Carrera que auspicia: Ingeniería electromecánica.

Equipo de Trabajo:

Tutor

Nombres: Ing.MgS. Moreano Martínez Edwin Homero

Cedula de identidad: 0502607500

Correo electrónico: edwin.moreano@utc.edu.ec

Coordinador 1:

Nombre: León Chiluisa Jonathan Stalin

Cédula de Ciudadanía: 0502861727

Correo electrónico: jonathan.leon1727@utc.edu.ec

Dirección: Cantón Salcedo, Cotopaxi.

Coordinador 2:

Nombre: Llanganate Guano Alexandra Elizabeth

Cédula de Ciudadanía: 0503964371

Correo electrónico: alexandra.llanganate4371@utc.edu.ec

Dirección: Cantón Salcedo, Cotopaxi

Línea de investigación: Procesos Industriales.

Sublíneas de investigación de la Carrera: Automatización, control y protecciones de sistemas electromecánicos.

2 INTRODUCCIÓN

2.1 EL PROBLEMA

El tiempo elevado para ejecutar el proceso de la limpieza y clasificada de la tuna, genera notable pérdida de producción, motivo por el cual, se cree conveniente la implementación de una máquina limpiadora y clasificadora de tuna, lo que permitirá agilizar y facilitar el proceso de limpieza y clasificación del producto al Sr. León Hermenegildo Malliquinga Bustos del Sector San José de Jacho del cantón Salcedo, Parroquia de Panzaleo.

2.1.1 Situación Problémica

Actualmente, el proceso de limpiado (desespinado) y clasificado de la tuna se lo realiza manualmente ocasionando pinchaduras tanto en la piel como en los ojos y ocasionando malestares en la salud , convirtiéndose en un trabajo muy tardado que para obtener 880 kilos de este producto, dura un tiempo aproximado de 7 a 8 horas entre la cosecha, limpieza y clasificación, además, depende también del clima, es decir, entre más sombreado aquel trabajo es más tardado y dificultoso en vista que el espino se vuelve rígido y al limpiarlo manualmente no se logra desespinarlo por completo, por tal razón, es necesario que el clima esté soleado.

Por otra parte, al realizar el proceso de limpiado manualmente utilizando una escoba casera y sobre una malla de metal , se ha convertido en una actividad demoroso y peligroso, ya que en el momento de ser desespinado el fruto, el espino por ser muy pequeño y volátil, fácilmente se incrusta en la piel de las manos y lo más grave; en el momento que exista un pequeño viento, el espino vuela y puede introducir en la vista, convirtiéndose en un trabajo muy peligroso para el personal que realiza esta actividad.

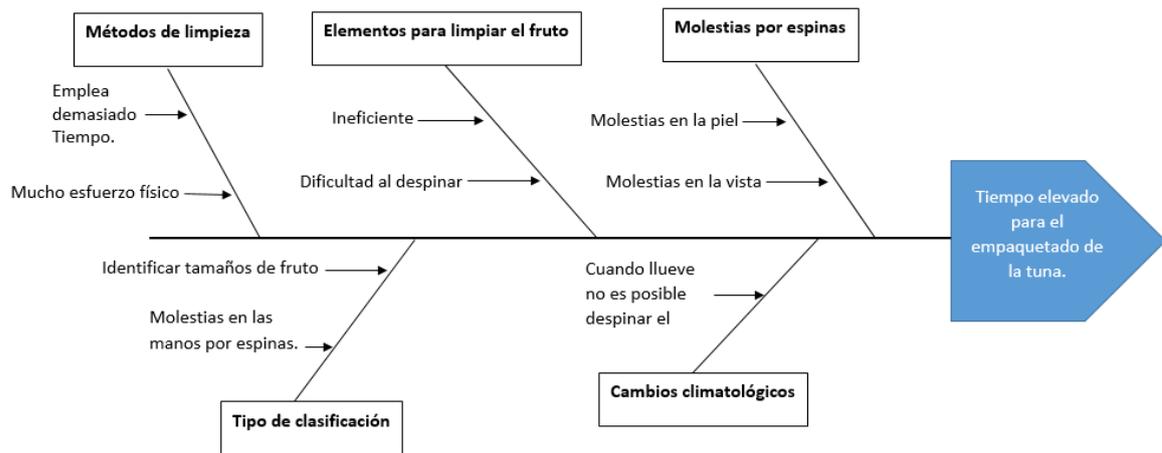


Figura 2.1. Diagrama causa efecto de la implementación de la máquina limpiadora y clasificadora de tuna.

2.1.2 **Fórmulación del problema**

¿Cómo reducir el tiempo de limpieza y distribución de tamaños de la tuna mediante la implementación de una máquina limpiadora y clasificadora de tunas?

2.2 **OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN**

330000 Ciencias Tecnológicas / 3306 Ingeniería y Tecnología Eléctricas / 330607 Motores eléctricos.

Dentro de las Ciencias Tecnológicas se encuentra la ingeniería y tecnología eléctricas, mediante los motores eléctricos será posible realizar el proceso de control y alimentación de la máquina.

2.3 **BENEFICIARIOS:**

Beneficiarios directos:

León Hermenegildo Malliquinga Bustos (**Propietario**)

Jonathan Stalin León Chiluisa (**Investigadores**)

Alexandra Elizabeth Llanganate Guano (**Investigadores**)

Beneficiarios indirectos:

Agricultores que tienen plantaciones de tuna.

2.4 **JUSTIFICACIÓN:**

A considerar la única fuente de trabajo el cultivo de tunas del señor León Hermenegildo Malliquinga Bustos y de su familia el excesivo tiempo empleado en la limpieza y clasificación

del fruto retrasa el empaqueo de aquel fruto y más aún cuando el clima está húmedo o lluvioso se vuelve un proceso imposible de ejecutarlo ya que el espino se adhiere al fruto, tomando en cuenta que es un fruto con un alto valor proteínico que nos ayuda a un mejoramiento del metabolismo, ricas en grupo de vitaminas c, perfecto para una dieta balanceada para las personas con diabetes . Se consideró una propuesta tecnológica de implementación de una máquina limpiadora y clasificadora de tunas que será capaz de limpiar y clasificar el fruto agilizando la limpieza y clasificando por tamaño del fruto de una manera segura para las personas. Los métodos a utilizar para la implementación serán cuantitativos y el inductivo para que el proyecto influya en variable tiempo, al cual, hacemos énfasis para reducir con la implementación de esta máquina

2.5 HIPÓTESIS

La implementación de una máquina limpiadora y clasificadora de tuna reducirá el tiempo de empaqueo del fruto, en el cultivo del Sr. León Hermenegildo Malliquinga Bustos del sector San José de Jacho del cantón Salcedo.

2.6. OBJETIVOS

2.6.1 General:

Implementar una máquina limpiadora y clasificadora de tunas para la reducción del tiempo en el despinado y la separación del fruto por tamaño mediante la tecnología existente en el mercado.

2.6.2 Específicos:

- Compilar información bibliográfica sobre temas relacionados al proceso de limpieza y clasificación de tunas, para determinar el principio del funcionamiento de la máquina.
- Diseñar el esquema electromecánico y estructural que sea adecuado para su funcionalidad y que cumpla con la necesidad operativa requerida.
- Implementar la máquina utilizando los conocimientos de ingeniería y softwares especializados para la construcción de este tipo de máquinas.
- Comprobar el principio de funcionamiento de la máquina mediante prácticas de campo.

2.7 SISTEMA DE TAREAS

Tabla. Actividades a desarrollar para el proceso.

Objetivos específicos	Actividades (tareas)	Resultados esperados	Técnicas, Medios e Instrumentos
<p>Compilar información bibliográfica de temas relacionados al proceso de limpieza y clasificación de tunas, para determinar el principio del funcionamiento de la máquina.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Se analizara los componentes más efectivos al momento de limpiar el fruto. - Se analizara a fondo como se realiza la clasificación para que al momento de ser clasificadas no tenga inconvenientes. - Se analizara el funcionamiento de máquinas que existen en el mercado para poder mejorar el rendimiento 	<ul style="list-style-type: none"> - Garantizar una buena limpieza y clasificación al usuario. - Demostrar que con esta máquina se va a obtener un mejor resultado que hacerlo manual y con menos tiempo. - Máquinas que realizan limpieza con rodillos u otro sistema de limpieza 	<ul style="list-style-type: none"> - Análisis de máquinas ya fabricadas para mejorar. - Considerar resultados de diferentes métodos - Escoger el sistema más adecuado
<p>Diseñar el esquema electromecánico y estructural que sea óptimo para su funcionalidad y adecuado a la necesidad operativa requerida.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Analizando el material resistente y adecuado para la construcción - Adoptando el sistema electromecánico idóneo al proyecto según la selección adecuada de controladores y actuadores autómatas. - Simulando el prototipo seleccionando un software accesible para comprobar su operatividad. 	<ul style="list-style-type: none"> - Comparar tipos de materiales a utilizar teniendo en cuenta el presupuesto - Relacionar resultados de diferentes sistemas de limpieza - Analizar acciones del mecanismo como movimientos y diseño 	<ul style="list-style-type: none"> - Adquirir el material conveniente al diseño previamente realizado - Obtener conclusiones favorables para el aspecto económico - Análisis de tipos de materiales
<p>Implementar la máquina utilizando los conocimientos de ingeniería y software especializados para la construcción de este tipo de máquinas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Seleccionando los materiales más adecuados para esta máquina. - Determinando el método más efectivo para limpiar la fruta. - Observando los distintos métodos al momento de 	<ul style="list-style-type: none"> - Elección de los materiales para la construcción. - Elección del mejor método para la limpieza. - Analizar el mejor método para esta implementación. 	<ul style="list-style-type: none"> - Simular el funcionamiento de la máquina para la selección de materiales y correcto funcionamiento.

	clasificar la fruta.		
Comprobar el principio de funcionamiento mediante prácticas de campo.	<ul style="list-style-type: none"> - Desarrollando las pruebas de laboratorio necesarias para garantizar un buen funcionamiento del prototipo. - Recopilando información de fallas al momento de realizar las pruebas. - Analizando los resultados de las prácticas para corregir las fallas existentes. 	<ul style="list-style-type: none"> - Ver el funcionamiento de la máquina en su totalidad. - Corregir errores en la máquina. - Comprobar la eficiencia de la máquina. 	- Pruebas de campo.

3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

3.1 ANTECEDENTES

Las TUNAS son plantas cuyo nombre científico es *Opuntia*, compuesto por unas trescientas especies nativas de América. Las tunas pueden encontrarse en estado silvestre a lo largo del continente, la *Opuntia ficus-indica* es la tuna más popular, destacándose por sus frutos que son comestibles, con los frutos de la tuna pueden elaborarse dulces, salsas y otras preparaciones que presentan un elevado nivel de vitaminas y minerales. En algunos países incluso se consumen los tallos de las tunas, se cree que el origen de estas tunas se remonta al siglo XIII, cuando grupos de jóvenes se dedicaban a la música con el objetivo de reunir los recursos necesarios para solventar sus estudios. Las tunas se caracterizan por sus temas divertidos y jocosos: por extensión, tuno o tunante es un adjetivo que se utiliza para calificar a las personas pícaras. [1]

Existen más de 80 variedades de este fruto mesoamericano proveniente de las cactáceas. Fue tan importante en el pasado, que algunos grupos se establecieron alrededor de las nopaleras para tener alimento en tiempos en los que otros alimentos escaseaban, de ella se pueden extraer fructosa, pectina, ácido ascórbico y aceite, entre otras sustancias, este producto también es usado para elaborar vinos, mermeladas, harinas, quesos, colorantes, conservas cristalizadas, cosméticos y medicamentos, algunos de los beneficios al consumir la tuna son los siguientes: previene la osteoporosis, tiene propiedades antiácidas, disminuye el colesterol y los triglicéridos, favorece la digestión y el correcto funcionamiento de los riñones, posee cualidades anticancerígenas, su consumo es recomendado para los diabéticos, es una buena

fuentes de vitamina C, útil para realizar algunos procesos metabólicos, tiene propiedades antioxidantes, previene la osteoporosis, ayuda a disminuir el sobrepeso. [2]

Para la determinación del calibre de la tuna la norma NTE INEN 1 978:2009 menciona las dimensiones y pesos que se requiere para la clasificación de la tuna, el calibre se determina por el diámetro en mm de la sección ecuatorial y polar de la fruta y la masa expresado en g, la correlación entre el calibre, diámetro, longitud y peso es la siguiente: [3]

Tabla 3.1. Calibre de las tunas. [3]

Calibre	Longitud mm(ver 8.1.1)	Diámetro mm(ver 8.1.2)	Masa promedio, g(ver 8.1.3)
Grande	>75	>56	>100
Mediana	65 - 75	46 - 56	50 - 100
Pequeña	< 65	< 46	< 50

3.1.1 Determinación del calibre

8.1.1 Diámetro ecuatorial. Se mide el diámetro de la sección ecuatorial del fruto con un calibrador o una regla graduada flexible y el resultado se expresa en milímetros.

8.1.2 Longitud. Se mide la longitud de fruto con un calibrador o una regla graduada flexible y el resultado se expresa en milímetros.

8.1.3 Masa. La masa de la tuna se determina mediante el uso de una balanza con sensibilidad de gramos. [3]

3.1.2 Requisitos generales de la tuna

Todos los grados de las tunas deben estar sujetas a los requisitos y tolerancias permitidas. Además, deben tener las siguientes características físicas:

1. Estar enteras.
2. Tener la forma característica de la variedad de tuna.
3. La cáscara no debe presentar vetas negras.
4. Estar sanos (libres de ataques de insectos y/o enfermedades, que demeritan la calidad interna del fruto).

5. Estar libres de humedad externa anormal producida por mal manejo en las etapas pos cosecha (recolección, acopio, selección, clasificación, adecuación, empaque, almacenamiento y transporte).
6. Estar exentos de cualquier olor y/o sabor extraño (provenientes de otros productos, empaques o recipientes y/o agroquímicos, con los cuales hayan estado en contacto).
7. Presentar aspecto fresco y consistencia firme.
8. Estar exentos de materiales extraños (tierra, polvo, agroquímicos y cuerpos extraños) visibles en el producto o en su empaque.
9. La madurez de la tuna se aprecia visualmente por su color externo. Su estado se puede confirmar por medio de la determinación del contenido de pulpa. [3]

Tabla 3.2. Requisitos físico químicos de las tunas de acuerdo con su estado de madurez. [3]

	MADUREZ DE CONSUMO		MÉTODOS DE ENSAYO
	Mín	Máx	
Acidez titulable % *(ácido cítrico)	- -	1,08	NTE INEN 381
Sólidos solubles totales, Brix	10	-	NTE INEN 380
% de pulpa	50	-	VER 8.2

10. Los residuos de plaguicidas no deben exceder los límites máximos establecidos en el Codex Alimentarius. [3]

3.1.3 Embalaje

El contenido de cada unidad de empaque debe ser homogéneo y estar compuesto únicamente por frutos de la misma variedad, grado, color y calibre. La parte visible del contenido del empaque debe ser representativa del conjunto.

Los empaques deben estar limpios y compuestos por materiales que no causen alteraciones al producto, así por ejemplo en cajas de madera, cartón corrugado o de otro material adecuado que reúna las condiciones de higiene, limpieza, ventilación y resistencia a la humedad, manipulación y transporte, de modo que garantice una adecuada conservación del producto.

Las características del embalaje de madera se encuentran establecidas en la NTE INEN 1 735. [3]

3.1.4 Tiempo de maduración y cosecha de la tuna

La madurez de una tuna la define su color rojo o amarillo, se recomienda no cosecharla verde, pues de esa manera la fruta no madura, el fruto está cubierto por una gruesa capa con espinos de 2 a 3 milímetros, es por ello que hay que tener precaución al momento de la cosecha. En Ecuador, Chile, Bolivia y Perú se conoce a esta fruta exótica como tuna per en España, nopal; en Estados Unidos, pera espinosa; y en la India, como higos, México, Israel, Colombia y Chile lideran la producción mundial de la tuna, por otro lado, en Ecuador se produce solo para el consumo interno. La planta de tuna comienza a producir a partir de un año y ocho meses, tiene dos etapas altas de producción al año: en junio y febrero, esta planta se puede cultivar tanto en la Costa como en la Sierra. Lo único que requiere es una temperatura que oscila entre los 12 y 34 grados centígrados, la fruta madura puede resistir hasta 10 días luego de la cosecha, mantiene su sabor y color intactos en el caso de Europa se utiliza la tuna para elaborar jabón, crema humectante, champú, mascarillas, gel para el cabello, entre otros productos, casi toda la planta es útil, se puede consumir como alimento el fruto y las hojas una vez retirada la corteza, los tallos también sirven como forraje en épocas de sequía y las plantas como cercas vivas, del fruto también se elabora vino, néctar, tunas en almíbar y alcohol, la lluvia en abundancia afecta a los sembríos de tuna ya que el exceso de agua pudre la raíz y el tallo y hace que la planta muera. [4]

3.1.5 Métodos para limpiar la tuna

Los agricultores que se encargan de cultivar esta fruta utilizan diferentes métodos caseros para despinar el fruto, a continuación, se mencionan los métodos más utilizados:

3.1.5.1 Método de barrido

Este método consiste en utilizar una escoba para frotar la fruta con las cerdas de naylon que son utilizadas en los hogares para que cuando hagan fricción retire el máximo posible de espinas de la fruta.



Figura 3.1. Método de barrido de tuna.

3.1.5.2 Método de limpieza en mallas

Este método consiste en introducir la fruta en sacos con mallas, para que cuando la persona empiece a mover estos sacos en forma de mecedora se desprendan las espinas por la fricción que existe entre la fruta y el saco mallado y así las espinas caigan por la gravedad.



Figura 3.2. Método de limpieza en mallas.

3.1.5.3 Método de clasificación de la tuna

La tuna es clasificada por tamaños, los agricultores clasifican esta fruta por tres tamaños las grandes, medianas y pequeñas para esta acción los agricultores toman una muestra de cada tamaño y lo van clasificando manualmente y no lo hacen midiendo la fruta, al momento de clasificar interviene más de una persona ya que es una actividad que demanda de mucho tiempo.

3.2 TIPOS DE MÁQUINAS LIMPIADORAS DE TUNA

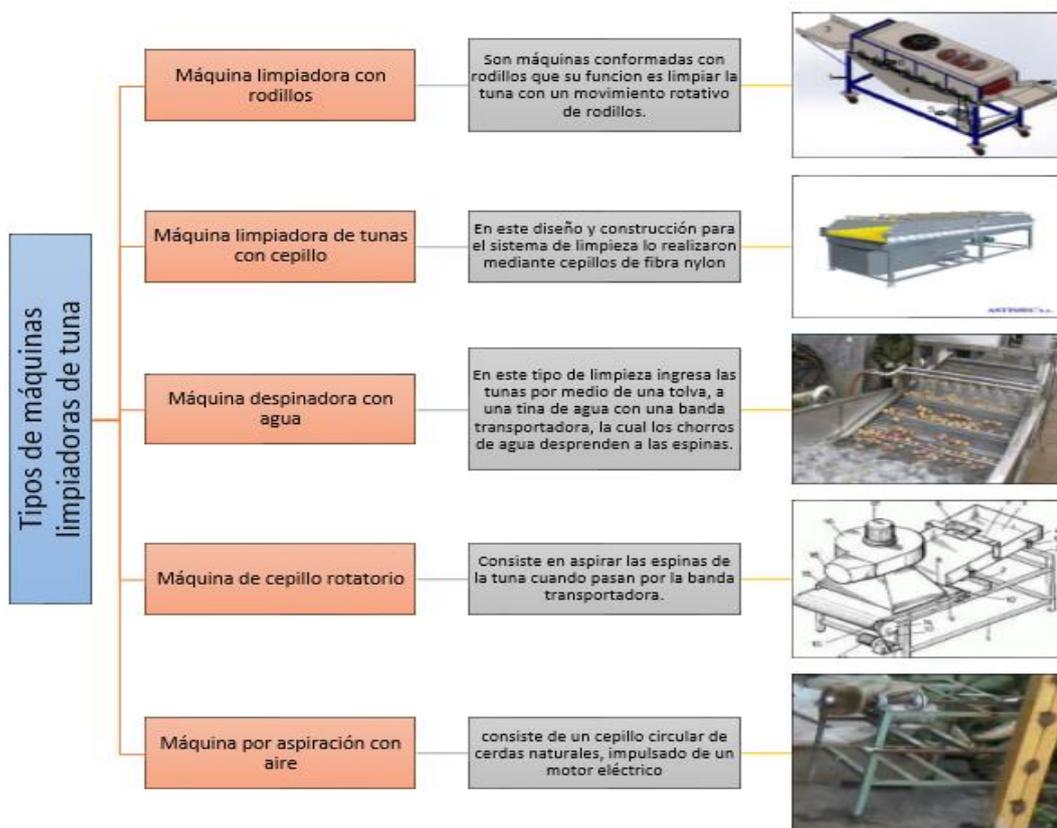


Figura 3.3. Tipos de máquinas limpiadoras de tunas.

3.3 MÁQUINA LIMPIADORA DE TUNA POR RODILLOS

En cuanto a diseños y construcciones de prototipos para realizar la limpieza de este fruto existen tesis relacionadas una de ellas es la tesis de la Escuela superior politécnica de Chimborazo en la cual el tema era diseño y construcción de una máquina limpiadora de tunas para el sector agricultor, en este diseño y construcción para el sistema de limpieza lo realizaron mediante cepillos de fibra nylon, los cuales fueron colocados de dos formas unos cepillos se mantenían estáticos en la parte superior y otros cepillos son circulares los cuales estarán en constante movimiento para realizar la limpieza, este sistemas es alimentación por un motor eléctrico, un reductor de velocidad y el sistema de transmisión de fuerza es por dos cadenas. [5]

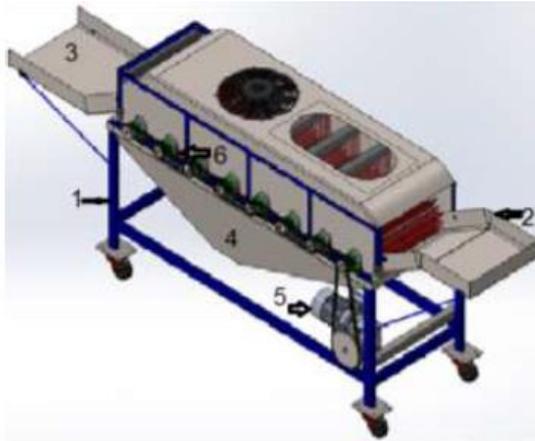


Figura 3.4. Máquina limpiadora de tunas con rodillos. [5]

3.4 CLASIFICACIÓN DE SISTEMAS DE LA MÁQUINA LIMPIADORA DE TUNA CON RODILLOS

Esta máquina se divide en 4 sistemas principales los cuales se mostraran a continuación.

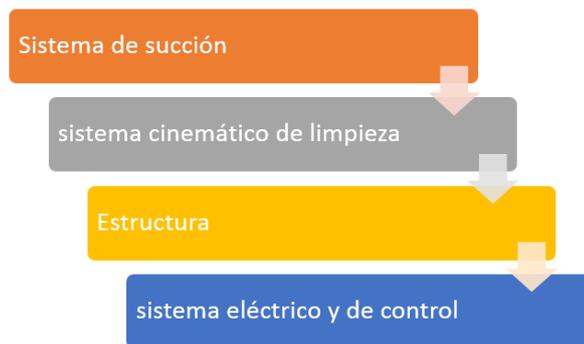


Figura 3.5. División de sistemas de la máquina limpiadora con rodillos.

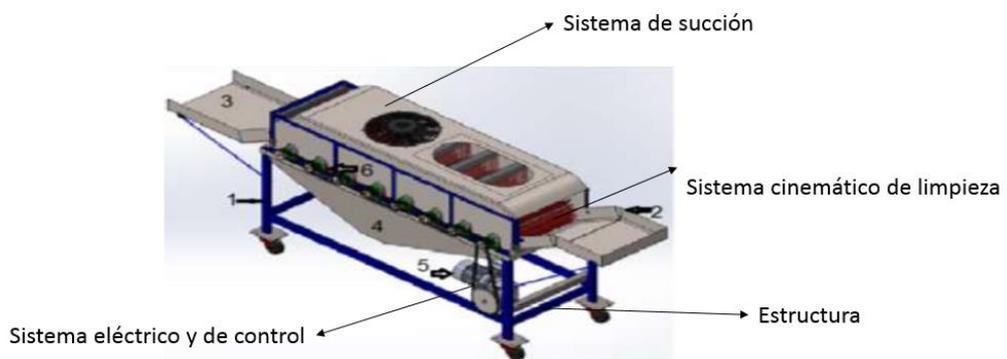


Figura 3.6. Máquina con división de sistemas.

3.4.1 Sistema de succión

Este sistema es el encargado de succionar las espinas de la tuna al momento que es despinado el fruto para evitar que se impregne en el fruto.

3.4.2 Sistema cinemático de limpieza

Es el encargado de la remoción del fruto cuando existe el rozamiento del fruto con el material que va a remover las espinas cuando exista un movimiento rotatorio por parte de los rodillos al momento de activar el motor.

3.4.3 Estructura

Es la base del mecanismo ya que es el encargado de soportar las cargas de la máquina y el fruto.

3.4.4 Sistema eléctrico y de control

Este es el sistema encargado de accionar el motor y poner en funcionamiento toda la máquina, en este sistema está incluido todos los elementos que accionaran y desconectaran el sistema eléctrico.

3.5 SISTEMA MECÁNICO

3.5.1 Sistema cinemático de limpieza

3.5.1.1 Rodillos

Los rodillos son piezas modulares que son encargadas de movilizar cargas, al ensamblar la pieza se colocan de forma consecutiva, cada uno de los rodillos está formado por un eje de giro y rodamiento que permite el desplazamiento de la pieza. Por lo general, los rodillos están hechos de metales de alta calidad ya que de ellos depende el correcto funcionamiento, evitando la fricción y el desgaste de su recubrimiento.



Figura 3.7. Rodillo.

3.5.1.2 Partes de los rodillos

- Eje de rodamiento: se trata de un elemento rectilíneo que se localiza en el interior del rodillo y facilita el giro del cilindro.

- Rodamientos: estos se encuentran localizados en los extremos del eje y son los encargados de reducir la fricción que se produce entre el eje y las piezas que a él están conectadas.
- Cilindro: esta es la parte más visible del rodillo puesto que es la que envuelve el eje de giro. [6]

3.5.1.4 Rodamientos

El rodamiento es el cojinete que minimiza la fricción que se produce entre el eje y las piezas que están conectadas a él. Esta pieza está formada por un par de cilindros concéntricos, separados por una corona de rodillos o bolas que giran de manera libre.

Existen diferentes clases de rodamientos de acuerdo al tipo de esfuerzo que deben soportar en su funcionamiento. Hay rodamientos axiales, radiales y axiales-radiales según la dirección del esfuerzo. [7]



Figura 3.8. Rodamiento. [7]

3.5.1.4 Piñones

La función del piñón es, básicamente, transmitir el movimiento para poder avanzar cuando pedaleas. Sin embargo, el funcionamiento de los piñones varía dependiendo si se trata de un piñón libre o un piñón fijo. [8]



Figura 3.9. Piñón. [8]

3.5.2 Materiales para el proceso de limpieza y recubrimiento del rodillo

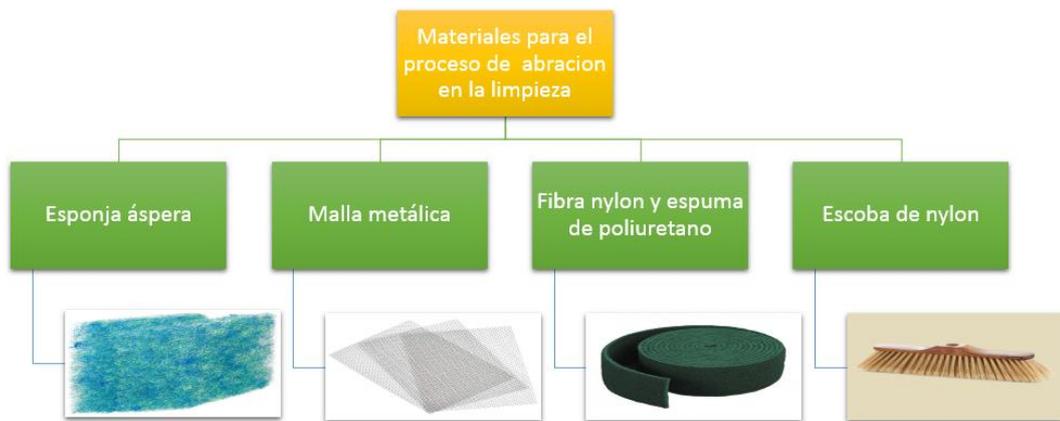


Figura 3.10. Materiales para el proceso de limpieza de la tuna.

3.5.2.1 Fibra de nylon y espuma de poliuretano

Esta fibra está hecha de fibras sintéticas no tejidas en construcción abierta. Las partículas abrasivas se encuentran esparcidas y unidas a la fibra por medio de un adhesivo durable y termoendurecido.

3.6 SISTEMAS DE TRANSMISIÓN DE POTENCIA

Los sistemas de transmisión de potencia que existen son bielas y poleas, engranajes, piñones y cadenas.

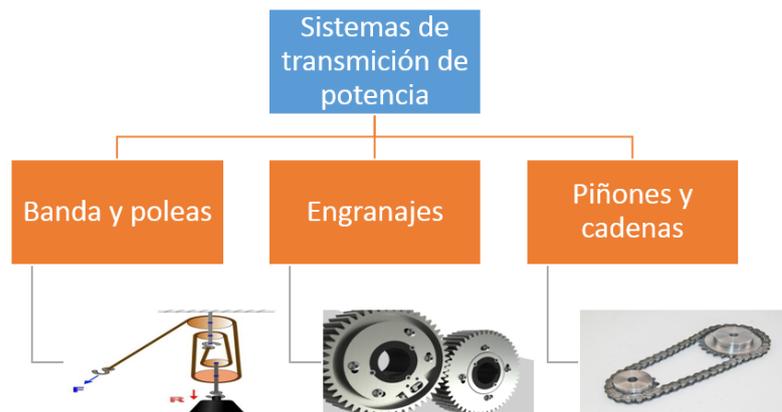


Figura 3.11. Clasificación de los sistemas de transmisión de potencia.

3.6.1 Piñones con cadena

El mecanismo consiste en dos o más piñones que están unidas por una cadena o correa dentada, en este caso los sentidos de giro son iguales, la cadena permite transmitir mucha potencia y movimiento a cierta distancia como podemos observar en motos, bicicletas, excavadoras, etc. [9]



Figura 3.12. Engranaje con cadena. [9]

3.6.2 Cadenas

Una cadena es un componente de la máquina, que transmite potencia por medio de fuerzas de tracción, y se utiliza principalmente para la transmisión de potencia y sistemas de transporte. La función y los usos de la cadena son similares a un cinturón. Hay muchos tipos de cadenas. Es conveniente clasificar los tipos de cadenas por material de composición o método de construcción. [10]

Clases de cadenas por sus usos

- Cadena de transmisión de potencia

- Cadena transportadora de paso pequeño
- Cadena transportadora de precisión
- Cadena superior
- Cadena de flujo libre
- Cadena transportadora de paso grande

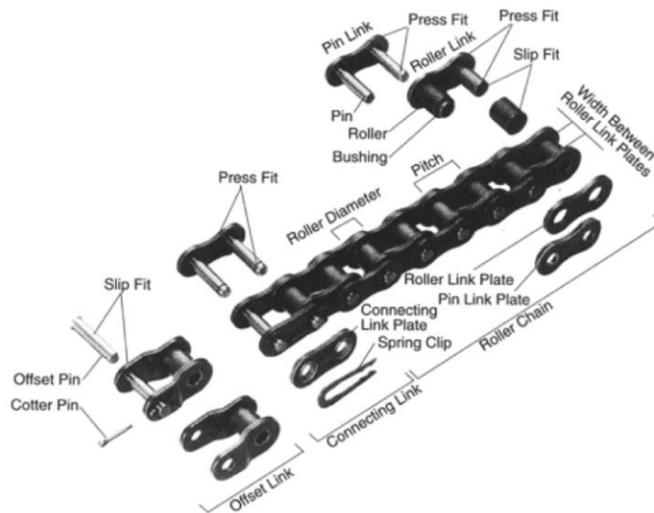


Figura 3.13. Estructura básica de la cadena. [10]

3.7 SISTEMA ELÉCTRICO Y DE CONTROL

3.7.1 Motor trifásico

El motor trifásico debe el término a que se alimenta de energía eléctrica trifásica. Las instalaciones monofásicas son más propias de hogares, con tensiones que van de 120 a 230 voltios y potencias que quedan por debajo de los 10 Kw. El motor trifásico está muy extendido en los usos destinados a instalaciones industriales o comerciales. Esto se debe, por un lado, a que suelen ser más pequeños y manejables que motores monofásicos de la misma potencia. [11]

3.7.2 Protecciones del motor

El primer objetivo de las protecciones eléctricas es proteger a las personas contra el riesgo eléctrico. Dicho de otra manera, evitar que suframos una descarga eléctrica si cualquier equipo deja de funcionar de forma correcta. En segundo lugar, las protecciones eléctricas se encargan de proteger tanto las instalaciones como los equipos eléctricos. Si se produce un cortocircuito en una instalación debemos despejar cuanto antes, ya que de lo contrario, se pueden producir daños muchos mayores. En esta entrada vimos que puede ocurrir si no escogemos correctamente un conductor, esto mismo ocurriría si no disponemos de protecciones adecuadas.

3.7.2.1 Disyuntor

Un disyuntor magnético es un interruptor automático que utiliza un electroimán para interrumpir la corriente cuando se da un cortocircuito (no una sobrecarga). En funcionamiento normal, la corriente pasa por la bobina del electroimán creando un campo magnético débil. Si la intensidad es mayor de un determinado valor, el campo magnético creado es suficientemente fuerte como para poner en funcionamiento un dispositivo mecánico que interrumpe la corriente eléctrica. El valor de esta corriente suele ser entre tres y veinte veces mayor que la corriente nominal, protegiendo al circuito de cortocircuitos. [12]

3.7.3 Variador de frecuencia

Los variadores o convertidores de frecuencia son sistemas que se encuentran entre la fuente de alimentación eléctrica y los motores eléctricos. Sirven para regular la velocidad de giro de los motores de corriente alterna (AC). Regulando la frecuencia de la electricidad que recibe el motor, el variador de frecuencia consigue ofrecer a este motor la electricidad demandada, evitando así la pérdida de energía, o lo que es lo mismo, optimizando el consumo. [13]

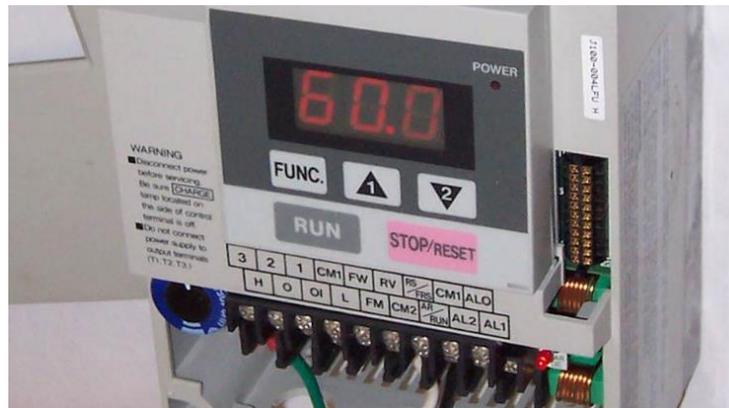


Figura 3.14. Variador de frecuencia. [13]

3.7.4 Sistema de control del motor

En este sistema el dispositivo que mandará al motor será un variador el cual se encarga de regular la velocidad para mantener en una velocidad indicada para el correcto funcionamiento del sistema.

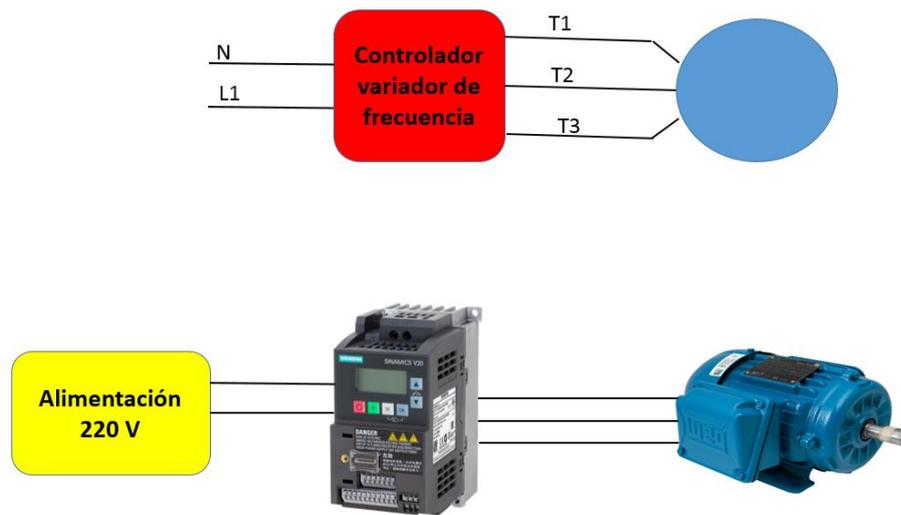


Figura 3.15. Sistema de control.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 ALCANCE

La presente propuesta tecnológica presenta relaciones claras y concisas para obtener un correcto desarrollo, se tiene como fin principal de este proceso la disminución de tiempo y mano de obra para la actividad de limpieza y clasificación de la tuna, la inclusión de todas las temáticas de descripción de componentes, control y automatización.

Esta propuesta tecnológica se apoyó en visitas de campo lo cual fue requerido para poder realizar una encuesta al agricultor sobre el tipo de limpieza que realiza para poder despinar la tuna, el tiempo y la manera de como realizan la clasificación del fruto, se logra obtener las dimensiones de cada tamaño que utilizan para poder clasificarlo, observar la cantidad de espino es retirado después de limpiar el fruto manualmente, también poder realizar mediciones de los frutos para poder determinar la distancia que deben tener cada rodillo y también poder sacar un valor promedio de cada tamaño para poder determinar las distancias para la clasificadora de frutos, con estas visitas de campo poder conocer el requerimiento que desea el agricultor para poder dimensionar la estructura, con la ayuda del método experimental se logra realizar el diseño de la máquina con herramientas computacionales poder simular y garantizar el correcto funcionamiento del sistema de transmisión potencia y la resistencia estructural de la estructura así garantizando que la elección del material es el correcto.

También el método inductivo, para este método se partió de la observación de cómo se realizaba la limpieza y el tamaño para la clasificación del fruto manualmente para poder disminuir el tiempo con la implementación del prototipo.

4.1.2 Instrumentos

Multímetro

El multímetro fue utilizado al momento de realizar las conexiones eléctricas tanto en el motor como en el variador de frecuencia, para comprobar el paso de la energía eléctrica para no quemar ningún componente de nuestro prototipo.

Flexómetro

El flexómetro lo utilizamos al momento de empezar con la construcción de todos los elementos metálicos de nuestra máquina ya que es necesario medir para cortar el material según esté especificado en los planos realizados con anterioridad.

Herramientas computacionales

En software inventor 2022 lo utilizamos para el diseño y simulación de nuestro prototipo a su vez gracias a este simulador pudimos seleccionar los materiales que se utilizó para la construcción de toda la estructura.

Dinamómetro

El dinamómetro lo utilizamos al momento de medir la fuerza de fricción que existe entre la escoba de fibra de nylon con la tuna.

Cronómetro

El cronómetro lo utilizamos para comparar los tiempos empleados al momento de la limpieza y clasificación manual y la limpieza con la máquina.

Balanza

Se utilizó para medir la densidad de limpieza del fruto y comparar con la limpieza manual la de la máquina.

Calibrador

Este instrumento se utilizó para dimensionar las medidas de las tunas y sacar un promedio de cada medida por las cuales se clasifican.

4.1.3 Declaración de variables

4.1.3.1 Relación de variables

Tabla 4.1. Variables de proceso.

Variable dependiente	Variable independiente
Tiempo de limpieza del fruto (segundos)	Tipo de material de limpieza Velocidad de giro de los rodillos
Tiempo de clasificación (Kg/h)	La separación de las varillas para el clasificado por tamaño Cantidad de fruto limpiado

4.2 SISTEMAS MECÁNICOS

4.2.1 Estructura

La máquina limpiadora y clasificadora de tuna debería ser capaz de limpiar y clasificar la fruta por su tamaño, permitiendo dividir a la tuna según sus dimensiones, la cual puede ser por rodillos, por bandas, por sistemas de transmisión constituida por bandas y poleas dentadas; por catalinas y cadenas; por piñones y cadenas; caracterizándose por su calidad, durabilidad, producción y empleo.

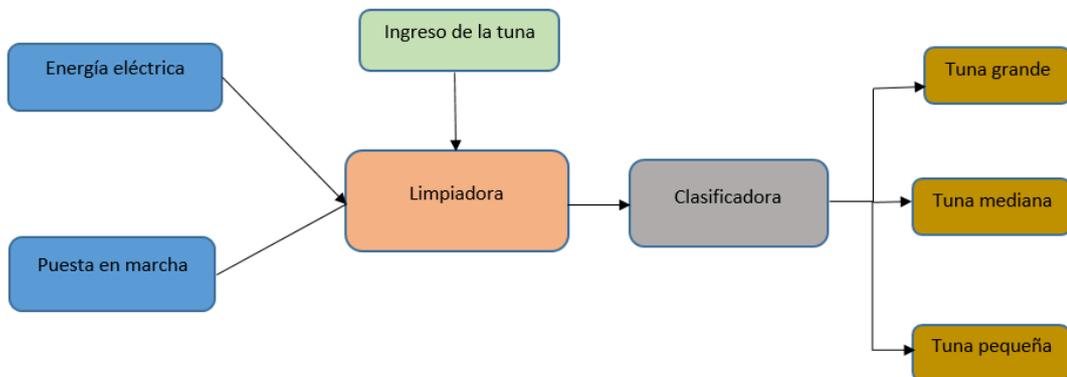


Figura 4.1. Diagrama funcional de la máquina.

4.2.2 Diseño dimensional

El diseño dimensional permitirá seleccionar el tipo de máquina a utilizar, los elementos constitutivos, las dimensiones de los elementos, así como sus materiales, bajo criterios de tipo profesional.

Como requerimiento principal está limpieza y clasificación de la tuna por tamaño. El siguiente paso es delimitar la máquina limpiadora y clasificadora de tuna, de la siguiente manera:

4.2.3 Selección del tipo de máquina

La elección del tipo de máquina se basa en el método de evaluación de soluciones recomendado por Carles Riba [14], el cual menciona que se deben considerar dos factores importantes, definidos como:

Alternativas

- Máquina limpiadora con rodillos
- Máquina limpiadora de tunas con cepillo
- Máquina despinadora con agua
- Máquina de cepillo rotatorio
- Máquina por aspiración con aire

Criterios

- Tiempo de limpieza
- Daños en la morfología del fruto
- División por tamaño
- Fácil operación
- Fabricada con materiales existentes en el mercado
- Seguridad de operación

Tabla 4.2 Selección del tipo de máquina.

Criterio	Tiempo de limpieza	Menos daños en la morfología del fruto	División por tamaño	Fácil operación	Fabricada con materiales existentes en el mercado	Seguridad de operación	$\Sigma+1$	Ponderado
Máquina limpiadora con rodillos	0,7	0,8	0,8	1	0,9	1	6,2	0,248
Máquina limpiadora de tunas con cepillo	0,5	0,9	0,5	0,9	0,8	1	5,6	0,224
Máquina despinadora con agua	0,3	0,5	0,2	0,5	0,8	0,8	4,1	0,164
Máquina de cepillo rotatorio	0,6	0,1	0,5	0,7	0,8	0,4	4,1	0,164

Máquina por aspiración con aire	0,1	0,9	0,7	0,8	0,8	0,7	5	0,2
Total							25	1

La mejor opción es la máquina limpiadora con rodillos, en base al tiempo de limpieza, menor daño en la morfología del fruto, división por tamaño, fácil de operación que permita manejar sin inconveniente, fabricados con materiales existentes en el mercado nacional y local, con sus seguridades de operación que permita operar la máquina sin que esté en riesgo la vida de los operarios.

Sistemas que conforman la máquina limpiadora por rodillos:

Sistema mecánico

- Estructura
- Sistema de transmisión de potencia por piñón y cadena

Sistema cinemático de limpieza

- Rodillos
- Recubrimiento de fibra nylon y espuma de poliuretano

Sistema eléctrico

- Motor trifásico
- Variador de frecuencia
- Guardamotor

4.2.4 Selección del sistema de transmisión

La selección del sistema de transmisión al igual que el tipo de máquina a clasificar, se da en base al método de evaluación de soluciones, recomendado por Carles Riba [14], el cual debe tener presente dos elementos a seguir, definidos como:

Alternativas de mecanismos a utilizar

- Banda y poleas
- Engranajes
- Piñones y cadenas

Criterios

- Mayor eficiencia
- Facilidad de adquisición
- Fácil montaje y desmontaje de los elementos

Tabla 4.3. Selección del sistema de transmisión de potencia.

Criterio	Mayor eficiencia	Facilidad de adquisición	Fácil montaje y desmontaje de los elementos	$\Sigma+1$	Ponderado
Banda y poleas	0,3	0,8	0,7	2,8	0,297
Engranajes	0,3	0,9	0,6	2,8	0,297
Piñones y cadenas	0,9	1	0,9	3,8	0,404
Total				9,4	1

La mejor opción a emplear en el sistema de transmisión es el mecanismo conformado por piñón y cadena, en base a su mejor eficiencia, facilidad de adquisición, fácil montaje y desmontaje a la máquina limpiadora y clasificadora de tuna.

4.2.5 Selección de materiales a emplear en la estructura

La selección de los materiales emplear en la estructura, se da en base al método de evaluación de soluciones, recomendado por Carles Riba [14], el cual debe tener presente dos elementos a seguir, definidos como:

Alternativa de materiales

- Acero ASTM A36
- Acero AISI 304

Criterios

- Costo accesible
- Facilidad de adquisición
- Mejor resistencia mecánica

Tabla 4.4. Selección de acero.

Criterio	Costo accesible	Facilidad de adquisición	Resistencia mecánica	$\Sigma+1$	Ponderado
Acero A36	0,8	1	0,9	3,7	0,521
Acero 304	0,6	1	0,8	3,4	0,478
Total				7,1	1

La mejor opción a utilizar en la selección de los materiales para la estructura, es el acero ASTM A36, en base a su costo accesible, facilidad de adquisición y resistencia mecánica.

4.2.6 Selección de materiales a emplear en el rodillo

La selección de los materiales emplear en el rodillo, se da en base al método de evaluación de soluciones, recomendado por Carles Riba [14], el cual debe tener presente dos elementos a seguir, definidos como:

Alternativa de materiales

- Tubo redondo de acero A36
- Tubo de kevlar

Criterios

- Costo accesible
- Unión con componentes del rodillo
- Facilidad de adquisición

Figura 4.5. Selección del material para el rodillo.

Criterio	Costo accesible	Unión con componentes del rodillo	Facilidad de adquisición	$\Sigma+1$	Ponderado
Tubo redondo de acero A36	0,8	0,9	0,9	3,6	0,571
Tubo de kevlar	0,8	0,5	0,4	2,7	0,428
Total				6,3	1

La mejor opción a utilizar en la selección de los materiales para el rodillo, es el Tubo redondo de acero A36, en base a su costo accesible, fácil unión con los otros componentes del rodillo y facilidad de adquisición.

4.3.1 Dimensionamiento de elementos

Una vez determinada por selección la máquina y transmisión a utilizar, se pasa al dimensionado.

4.3.2 Estructura

La estructura de la máquina limpiadora y clasificadora de tuna fue diseñada bajo medidas específicas, de donde se partirá para el referente análisis y dimensionamiento de los equipos eléctricos al igual que su diseño, a esta estructura se realizaron las respectivas adecuaciones, todo con el objetivo de mejorar las funciones de una máquina limpiadora y clasificadora de tuna.

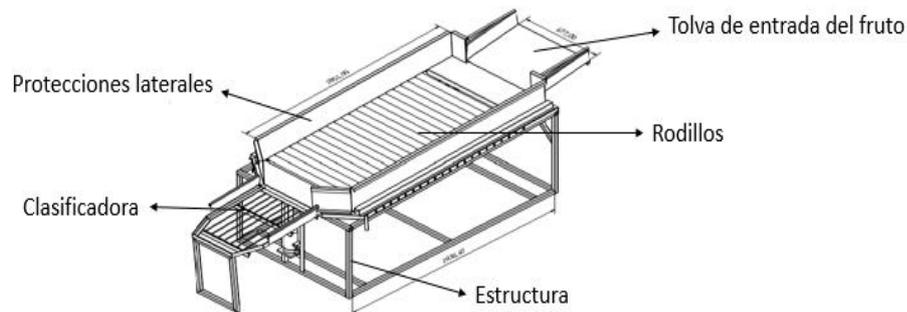


Figura 4.2. Esquema de la máquina limpiadora y clasificadora de tuna.

Para la altura que debe tener la máquina fue necesario revisar documentos que nos mencionan la altura promedio de una persona de la Sierra que es de 1,64cm con esta medida se procedió al dimensionamiento de la altura de la máquina. [15]

4.3.3 Esfuerzo admisible de la estructura

Para calcular el esfuerzo admisible de la máquina se procederá a utilizar la siguiente fórmula:

$$\sigma \text{ admisible} = \frac{F}{A} \quad (4.1)$$

En donde:

$$\sigma \text{ admisible} = \text{esfuerzo de diseño} \left(\frac{N}{mm^2} \right)$$

F= Fuerza (N)

A= área (mm^2)

4.3.5 Longitud de los rodillos

Para determinar la longitud del rodillo se toma en cuenta los valores promedios de cada una de las dimensiones de las tunas, de ancho, largo, peso.

4.3.6 Selección de piñones

La limitación precedente será tanto más rígida cuanto más elevados sean los valores de la potencia y RPM de la transmisión. Solo en el caso de que ambos sean reducidos, puede llegarse a emplear piñones de 11, 13, 15 o 16 dientes.

4.3.7 Dimensionamiento de la fibra de nylon y esponja de poliuretano

Para dimensionar la fibra ya se conoce la dimensión de rodillo por lo tanto deberá de tener el mismo diámetro para cubrir el rodillo, para alcanzar un desprendimiento efectivo de las espigas de la fruta, el rodillo circular tiene que estar en forma perpendicular en cada fila de fibra, y mientras va girando alcanza el desprendimiento de las espigas.

4.3.8 Cálculo de la longitud de la cadena requerida

Para realizar el cálculo de la longitud necesaria para nuestra máquina nos basaremos en la siguiente fórmula:

$$2C + \frac{S}{2} + \frac{K}{S} \quad (4.2)$$

En donde:

C= distancia entre centros de ejes.

S=suma de piñones.

K=el valor de k se obtiene en la tabla de valores D.

4.4 SISTEMA ELÉCTRICO Y DE CONTROL

4.4.1 Selección del motor

Según plantea el libro Mechanical Design for the STAGE para seleccionar el motor mencionan que se debe considerar las siguientes variantes [20]:

$$P_{max} = (F_{aceleracion} + F_{friccion} + F_{levantamiento})V_{max} + (T_{aceleracion} + T_{friccion} + T_{levantamiento})W_{max} \quad (4.3)$$

En donde:

P_{max}= potencia máxima.

F aceleración= fuerza de aceleración.

F fricción= fuerza de fricción.

F levantamiento= fuerza de levantamiento.

V_{max}= velocidad máxima.

T aceleración= torque de aceleración.

T fricción=torque de fricción.

T levantamiento= torque de levantamiento.

W_{max}=velocidad angular máxima.

4.4.2 Selección del variador de frecuencia

Para la selección del variador se debe seleccionar dependiendo la potencia del motor ya que obligatoriamente debe ser de la misma potencia para funcionar sin ningún inconveniente.

4.4.3 Selección del conductor

4.4.3.1 Intensidad de corriente admisible

Para calcular la corriente admisible del conductor se utiliza la siguiente fórmula:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V_L \cdot E_f \cdot \cos \varphi} \quad (4.4)$$

En donde:

P= potencia del motor

V_L= Voltaje de línea

E_f= eficiencia del motor

cosφ= factor de potencia del motor

4.4.4 Selección de la protección

4.4.4.1 Para la selección del guarda motor se utiliza las siguientes fórmulas:

Corriente nominal

$$In = \frac{PE}{\sqrt{3} * V * \cos\theta} \quad (4.5)$$

En donde:

PE=potencia eléctrica

V=voltaje

$\cos\theta$ = Factor de potencia

5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

5.1 DETERMINACIÓN DE LAS DIMENSIONES DE LA TUNA

En base a la norma INEN 1 978:2009 menciona las dimensiones requeridas para poder clasificar la tuna por tamaños, se determinó las dimensiones del fruto para el correcto diseño del prototipo ya que estas medidas son requeridas para su clasificación y su correcto despinado en la máquina, las medidas fueron obtenidas previamente, a su vez es recomendable que el fruto no se encuentre demasiado maduro para evitar daños al momento del despinado, también se logró identificar que al momento que el fruto se encuentra mojado por la lluvia es imposible despinar el fruto y este sería un impedimento al momento de colocar el fruto en el prototipo para su posterior limpieza.

5.1.1 Valor promedio del volumen de fruta

A continuación, se muestran las dimensiones de las tunas para poder clasificarlo en 3 tamaños, grandes medianas y pequeñas, para lo cual se realizó un muestreo en 3 baldes de alrededor de 100 tunas para poder sacar un valor promedio de cada tamaño de la tuna.

Para la obtención de los datos promedios para cada dimensión de tuna se utilizará la fórmula (4.1) que es:

$$valor\ promedio = \frac{\sum x}{n}$$

En donde:

$\sum x$ = es la sumatoria de todos los valores obtenidos.

n= es el número de los datos obtenidos.

5.1.1.2 Tunas grandes

Tabla 5.1. Datos de las tunas grandes.

GRANDE		
PESO (gr)	ANCHO (mm)	LARGO (mm)
175	61	85
185	63	97
146	55	100
171	56	90
156	59	85
143	56	86
151	58	86
134	49	100
136	57	88
146	56	75
136	53	82
154	58	90
131	59	77
131	57	80
129	52	85
137	59	70
169	68	90
129	55	77
155	54	95
137	59	71

5.1.1.3 Valor promedio de las tunas grandes

$$\text{valor promedio (peso tunas grandes)} = \frac{2951}{20} = 146,55$$

$$\text{valor promedio (ancho tunas grandes)} = \frac{1144}{20} = 57,2$$

$$\text{valor promedio (largo tunas grandes)} = \frac{1709}{20} = 85,45$$

5.1.1.4 Tunas medianas

Tabla 5.2. Datos de la tuna mediana.

MEDIANA		
PESO(gr)	ANCHO (mm)	LARGO(mm)
122	54	86
100	55	66
117	55	74
107	54	59
108	53	70

106	56	90
104	55	68
113	54	78
109	55	74
107	54	74
114	55	72
106	54	75
106	55	80
111	54	83
103	55	80
104	55	67
108	56	79
99	55	76
100	54	75
110	56	78

5.1.1.5 Valor promedio de las tunas medianas

$$\text{valor promedio (peso tunas medianas)} = \frac{2154}{20} = 107,7$$

$$\text{valor promedio (ancho tunas medianas)} = \frac{1094}{20} = 54,7$$

$$\text{valor promedio (largo tunas medianas)} = \frac{1504}{20} = 75,2$$

5.1.1.6 Tuna pequeña

Tabla 5.3. Datos de la tuna pequeña.

PEQUEÑA		
PESO(gr)	ANCHO (mm)	LARGO(mm)
91	50	71
102	50	70
96	51	71
77	48	70
96	51	69
77	50	68
93	50	64
85	52	80
90	50	76
87	50	73
78	51	70
84	50	66
78	51	70
92	48	80
94	50	72

83	45	68
82	52	75
78	51	78
93	50	75
95	51	66

5.1.1.7 Valor promedio de las tunas pequeñas

$$\text{valor promedio (peso tunas pequeñas)} = \frac{1751}{20} = 87,55$$

$$\text{valor promedio (ancho tunas pequeñas)} = \frac{1001}{20} = 50,05$$

$$\text{valor promedio (largo tunas pequeñas)} = \frac{1432}{20} = 71,6$$

5.1.1.8 Valor promedio de todas las dimensiones de las tunas

Tabla 5.4. Datos promedios de las tunas.

Dimensiones de las tunas			
	Peso(gr)	Ancho(mm)	Longitud(mm)
Grande	147,55	57	85
Mediana	108,04	55	75
pequeña	87,81	50	72

En la tabla 5.4 está tabulada los promedios de las 3 dimensiones (peso, ancho y longitud) de las diferentes tamaños de tunas.

Después de realizar las mediciones a diferentes frutos se realizó una ponderación para determinar el valor promedio de los frutos ya que estos serán clasificados en 3 tamaños; grandes, medianas y pequeñas como se muestra en la Tabla 5.4.

Con los valores ya obtenidos de las frutas también se procede a determinar la distancia de los rodillos para evitar que los frutos pequeños se caigan y así también poder garantizar una limpieza ideal del fruto.

La dimensión de la mesa para los rodillos fue calculada para tener una limpieza ideal del fruto y esta fue de 2m de largo y de ancho 1,08m con estas medidas garantizamos la correcta limpieza del fruto, con las dimensiones antes mencionadas la limpieza se realizará correctamente ya que el fruto tiene una gran distancia la cual hará que su limpieza sea de gran calidad al momento de pasar por todos los rodillos del prototipo.

5.2 SISTEMA MECÁNICO

5.2.2 Estructura

Para el análisis de cargas en la estructura se procedió a realizar los siguientes cálculos guiándonos en una tabla de acero estructural

Tabla 5.5. Acero estructural.

Costo material de acero estructural ASTM A36				
Descripción	material	W(Kg)	Costos	Costo(s/.)
perfil cuadrado 30x30x3,2	ASTM A36 Acero	44,128	6	264,8
perfil L 50x30x4	ASTM A36 Acero	1,897	6	11,4
perfil L 25x25x3	ASTM A36 Acero	0,268	6	1,6
perfil L 30x20x3	ASTM A36 Acero	0,099	6	13,5
perfil L 30x30x3	ASTM A36 Acero	2,254	6	1,1
perfil rectangular 32x20x2	ASTM A36 Acero	0,18	6	0,2
platina 35x30x2 2un	ASTM A36 Acero	0,033	6	0,3
platina 46x30x2 2un	ASTM A36 Acero	0,043	6	2,4
platina 80x80x2 4un	ASTM A36 Acero	0,399	6	0,2
platina 64x40x2	ASTM A36 Acero	0,04	6	0,4
platina 70x57x2	ASTM A36 Acero	0,062	6	0,2
platina 52x51x2	ASTM A36 Acero	0,041	6	0,2
platina 54x40x2	ASTM A36 Acero	0,034	6	0,6
			Costo total	269,9

Resistencia a la fluencia cortante:

$$S_y = 21 \text{ Kg/m}^2 = 205.94 \text{ MPa}$$

Dónde:

S_{sy} o S'_n : resistencia a la fluencia en cortante (Mpa).

S_y : resistencia al punto de fluencia (Mpa).

S_{ut} : resistencia última a la ruptura (Mpa).

$$s_n' = 0.5(S_y)$$

$$s_n' = 0.5(205.94 \text{ MPa})$$

$$s_n' = 102.97 \text{ Mpa}$$

Esfuerzo máximo cortante

n = factor de seguridad.

τ_{max} =esfuerzo máximo cortante (Mpa)

$$\tau_{max} = \frac{Sn}{n}$$
$$\tau_{max} = \frac{102.97}{4} = 25.7425MPa$$

Factor de seguridad

Para calcular el valor del factor del prototipo se emplea la fórmula (4.1):

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

En donde:

σ admisible=esfuerzo de diseño

F= fuerza(N)

A=área (mm²)

$$\sigma_{\text{admisible}} = \frac{40940}{801,3}$$
$$\sigma \text{ admisible} = 51,091(N/mm^2)$$

Para el factor de seguridad se calcula el esfuerzo máximo entre el esfuerzo admisible del diseño.

$$FS = \frac{\sigma_{\text{max}}}{\sigma_{\text{admisible}}}$$

En donde:

FS= factor de seguridad

σ_{max} = esfuerzo máximo del material

$\sigma_{\text{admisible}}$ = esfuerzo admisible de diseño

$$FS = \frac{250(N/mm^2)}{51,091(N/mm^2)}$$
$$FS = 4,6$$

El factor de seguridad de la máquina limpiadora y clasificadora es 4 veces su soporte de producción

5.2.3 Diseño de la estructura de soporte metálico

Después de seleccionar los materiales podemos realizar el ensamble de toda la máquina y poder hacerla funcionar para poder ver cómo funcionará el sistema electromecánico y el movimiento de los rodillos. Con el software inventor podemos realizar todas estas funciones ya que consta con la capacidad de realizar simulaciones de mecanismos complejos, como en este caso fue de la máquina limpiadora y clasificadora de tuna.

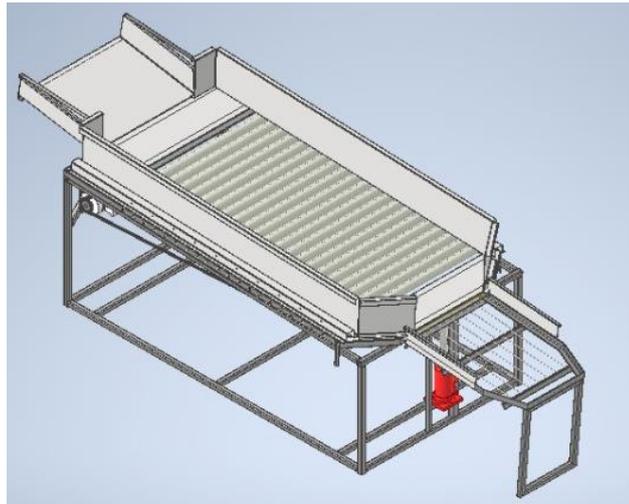


Figura 5.1. Máquina limpiadora y clasificadora de tuna.

Las dimensiones la máquina se muestran a continuación:

Una vez ensamblada la máquina se puede ver que el funcionamiento es el adecuado para los requerimientos que desea el usuario, se observa cada elemento de la máquina y el sistema electromecánico y resultan ser los adecuados para funcionar en armonía.

Después de hacer la simulación se procederá al dimensionamiento para construir la estructura a la cual se hace referencia, tendrá las siguientes dimensiones:

Tabla 5.6. Dimensiones de la base de la estructura.

	Medidas de la base (cm)
Altura posterior	76
Altura frontal	66
Ancho	108
Largo	200
Material utilizado	Tubo cuadrado de acero A36 de $1\frac{1}{4}$ "

Tabla 5.7. Dimensiones de la mesa de soporte de los rodillos

	Medidas de la mesa que sostiene a los rodillos (cm)
Largo	160
Ancho posterior	108
Ancho frontal	68
Observación: la mesa soportará 21 rodillos separados a 8 cm.	

Tabla 5.8. Dimensiones de los piñones de los rodamientos.

	Medidas de los piñones (cm)
Altura	6,5
Diámetro	8
Grosor	1,5
Observación: se utilizan 21 piñones de 16 puntas paso 30.	

Tabla 5.9. Dimensiones de los rodamientos de los rodillos

	Medidas de los rodamientos de los rodillos (cm)
Diámetro exterior	3,5
Diámetro interior	1,6
Grosor	1,1

Tabla 5.10. Dimensiones de los rodamientos que sujeta a la cadena.

	Medidas de los rodamientos que sujeta a la cadena (cm)
Diámetro exterior	2
Diámetro interior	1
Grosor	0,5

Tabla 5.11. Dimensiones de la clasificadora de fruto.

	Medidas de la clasificadora (cm)
Ancho posterior	67
Ancho frontal	38
Largo	74
Altura posterior	66
Altura frontal	51
Observación: se utilizó varilla lisa de 1'' para hacer las separaciones del clasificador.	

Tabla 5.12. Demisiones de las bandejas que recogerán las espinas de la fruta.

	Medidas de las bandeja 1 (cm)	Medidas de las bandeja 2 (cm)
Ancho	107	107
Largo	100	93
Alto	7,5	7,5

Las dimensiones de la máquina se mostrarán a detalle en el anexo J.

La estructura está diseñada para soportar elementos metálicos y cargas, las cargas que están presentes en la máquina son cargas muertas y cargas vivas.

En el libro de Análisis de Estructuras Métodos Clásico y Matricial de MACCORMAC, menciona que:

Cargas muertas: Son de magnitud constante que permanecen fijas en un mismo lugar, estas son el peso propio de las estructuras de acero.

Cargas vivas: Son aquellas que pueden cambiar de lugar y magnitud. [22]

Tabla 5.13. Carga de la máquina limpiadora y clasificadora de tuna.

Cargas	Elementos	Peso (Kg)	Peso (N)
Carga muerta	Tolvas para evitar la caída de los frutos	11	215,7
Carga viva	Rodillos	1,8	370
Carga muerta	Tolva de entrada de frutos	3	29,4
Carga muerta	Tolva de salida de frutos	1	9,8
Carga muerta	Motor	15	147
Carga muerta	Cadena	2	19,6
Carga viva	Eje	1	9,8

Con las cargas ya expuestas en la tabla 5,6 procederemos al análisis en el software inventor que se muestra en el anexo D y anexo E.

Los materiales que se emplearon para la fabricación de la estructura de la máquina limpiadora y clasificadora de tuna se muestran en el anexo E.

5.2.4 Análisis de cargas en la estructura

Gracias al software de simulación inventor podemos realizar el análisis de cargas en la estructura con los materiales que se seleccionó.

Se muestra una tabla con los resultados estáticos que soporta la estructura.

Tabla 5.14. Resumen de resultados estáticos.

Nombre		Mínimo	Máximo
Desplazamiento		0.000mm	0.295mm
Fuerza	Fx	-540.646N	80.655N
	Fy	-587.146N	269.044N
	Fz	-146.256N	161.727N
Momentos	Mx	-25120.052 N mm	12008.123 N mm
	My	-8696.421 N mm	7894.570 N mm
	Mz	-2452.669 N mm	5671.575 N mm
Tensiones Normales	Smax	-0.227 MPa	24.301 MPa
	Smin	-29.500 MPa	0.163 MPa
	Smax(Mx)	-0.000MPa	15.064 MPa
	Smin(Mx)	-18.943 MPa	-0.000 MPa
	Smax(My)	0.000 MPa	11.647 MPa
	Smin(My)	-22.693 MPa	0.000 MPa
	Saxial	-0.573 MPa	0.434 MPa
Tensión de corte	Tx	-1.965 MPa	4.025 MPa
	Ty	-2.003 MPa	4.372 MPa
Tensión de torsión	T	-22.320 MPa	9.652 MPa

Después de obtener el cuadro de los resultados estáticos se obtiene la gráfica de estructura y viene representado por colores de los valores máximos y mínimos, se muestra en el anexo D.

Con todas las simulaciones realizadas a la base de la estructura con los materiales ya seleccionados que en este caso fueron tubos cuadrados de $1\frac{1}{4}$ pulgadas, pudimos ver que son capaces de soportar el peso que se empleara tanto de la estructura como de la fruta que estará encima de los rodillos, gracias a este simulador pudimos ver todas las fuerzas que pueden hacer deformar la estructura o en el peor de los casos romperla, pero con este material la máquina limpiadora y clasificadora de tuna es capaz de soportar todas las cargas a las cuales será expuesta.

5.2.5 Cargas en el eje

En el caso del eje que utilizamos fue una varilla lisa de 107cm de metal de $\frac{5}{8}$, para comprobar su funcionalidad al momento de acoplar en la estructura se realiza el análisis de cargas en un eje, que se muestra en el anexo F.

Tabla 5.15. Tabla de resumen de resultados en el eje.

Nombre	Minimo	Maximo
Volumen	213767 mm ³	
Masa	1.67807 kg	

Tension de Von Mises	0.000583351 MPa	0.018014 MPa
Primera tension principal	-0.00143046 MPa	0.0219544 MPa
Tercera tension principa	-0.00735868 MPa	0.00897835 MPa
Desplazamiento	0 mm	0.00000116389 mm
Coefficiente de seguridad	15 su	15 su
Tension XX	-0.00534882 MPa	0.0126863 MPa
Tension XY	-0.00178847 MPa	0.00178708 MPa
Tension XZ	-0.00632391 MPa	0.00739522 MPa
Tension YY	-0.00541942 MPa	0.0124257 MPa
Tension YZ	-0.00632391 MPa	0.00772946 MPa
Tension ZZ	-0.00356945 MPa	0.0199364 MPa
Desplazamiento X	-0.0000000197062mm	0.000000544774 mm
Desplazamiento Y	-0.0000000210889mm	0.00000108755 mm
Desplazamiento Z	-0.000000052329mm	0.000000510384 mm
Deformacion equivalente	0.00000000382184 su	0.00000079076 su
Primera deformacion principal	0.000000000306761 su	0.0000000920946 su
Tercera deformacion principal	0.00000000317998 su	0.0000000856953 su

Con esta simulación pudimos comprobar que el eje seleccionado es el adecuado para soportar las cargas de los rodillo y la de las tunas, se pudo ver su punto de deformación y se observó que no sufrirá ningún daño ya que para el requerimiento para el cual es diseñado no sufre de ninguna manera y es el óptimo para este diseño.

5.2.6 Longitud de los rodillos

Para determinar la longitud del rodillo se toma en cuenta los valores obtenidos en la tabla 4, de ancho, largo, peso.

El requerimiento de la máquina es limpiar 453kg/h, se tendrá 126g/s y se tomara la fruta de mayor peso que es de 185 g. Se relacionó el peso por segundo que debe limpiar con la tuna de mayor peso.

$$\#de\ frutos\ por\ segundo = \frac{126g/s}{185g} \quad (5.1)$$

$$\#de\ frutos\ por\ segundo = 1\ tunas/s$$

Debido que la máquina expulsará cada 4 segundos se tendrá 10 frutos en la salida, basándonos en la mayor longitud de la tuna, tenemos que es de 100mm. Entonces la longitud de limpieza del rodillo será de 970 mm para lograr una mejor limpieza ya que no se van a encontrar muchas frutas en los rodillos y por este motivo se lograra un despinado de calidad.

5.2.6.1 Partes del rodillo

El cuerpo del rodillo tiene forma cilíndrica que permite controlar la velocidad angular necesaria para la limpieza de la fruta, todos los rodillos tendrán un mismo sentido de giro, teniendo a las fibra muy flexibles por la longitud de estas.

El cuerpo es de acero negro, teniendo la resistencia mecánica necesaria para soportar las cargas utilizadas.

El cuerpo es de acero y la fibra es de fibra verde, el eje es de acero de transmisión, acoplado con el cuerpo del rodillo y rodamientos que están colocados en cada lado del rodillo, para poder tener mayor resistencia mecánica.

5.2.6.2 Dimensiones del cuerpo del rodillo

El rodillo utilizado es de acero negro, tiene las siguientes longitudes que son de 970mm de largo y 50mm de diámetro.

5.2.6.3 Acero A36

El acero A36 es comúnmente conocido como el acero básico, es decir, el hierro normal y corriente que sale directamente del proceso de fundición. Este tipo de acero no ha pasado o sufrido algún tratamiento, como:

Galvanizado: proceso electroquímico en el cual se cubre el acero con otro metal.

Inoxidable: cuando existe una aleación de hierro con cromo.

Zincado: tratamiento, en el cual por medio de una electrólisis se le añade zinc al acero para protegerlo de la corrosión.

Lacado: es cuando se le añade pinturas o pigmentos al acero.

Existen diferentes tipos de aceros negros, las cuales se definen por su composición de carbono y su dureza, creando diferentes calidades en el acero A36. [14]

Para la elaboración de este acero el material más utilizado es el acero de carbono, el resultado de la elaboración de tubos redondos de acero A36 es que es un tubo sin proceso de recubrimiento.

La composición química de este acero es la siguiente:

Tabla 5.16. Composición química del acero negro.

Composicion quimica	
Elemento	%
Carbono maximo	0,30
Azufre maximo	0,05
Fosforo maximo	0,05
% de azufre+%de fosforo maximo	0,08

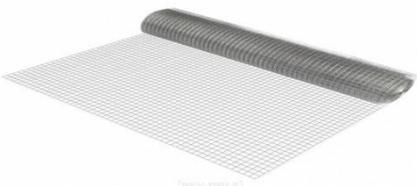
El tubo de acero que seleccionamos para construir los rodillos fue de 2'' con un espesor de 1,5 mm sujeto a la norma INEN 1 584.

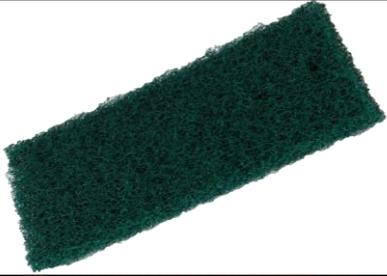
Según la norma Europea EN 10088-1, los aceros para que sean aptos al contacto con alimentos deben tener un contenido mínimo de cromo del 10,5% y un máximo del 1,2% de carbono. [15]

5.2.6.4 Selección del recubrimiento de los rodillos

Para seleccionar el recubrimiento de los rodillos fue necesaria realizar pruebas con diferentes materiales para con esto llegar a la selección del material que mejor cumple con la limpieza requerida, a continuación se muestra una tabla de los materiales con los que se realizaron las pruebas de limpieza.

Tabla 5.17. Prueba de materiales para la limpieza de tuna.

Materiales de prueba		
Material	Nombre	Descripción
	Esponja áspera	Al momento de limpiar las primeras cinco tunas se limpia muy bien , pero se impregna el espino en la esponja con mucha facilidad y no limpia bien al transcurrir las 10 tunas
	Malla metálica	La limpieza fue ineficiente y golpeaba al fruto donde lastimaba la cascara y e dañaba la tuna

	<p>Fibra nylon y espuma de poliuretano</p>	<p>Un material áspero y flexible donde las espigas fácilmente se desprenden del fruto sin impregnarse en su interior</p>
	<p>Escoba de nylon</p>	<p>Un material que limpiaba hasta una cierta cantidad de 30 tunas , al dañarse las fibras se juntaban entre ellas provocando grumos de espigas y polvo</p>

Después de las pruebas realizadas se llegó a la conclusión que el mejor material para el recubrimiento de los rodillos es la fibra verde ya que en este material no se queda impregnado las espigas.



Figura 5.2. Limpieza manual del fruto.



Figura 5.3. Limpieza del fruto con el prototipo.

5.2.7 Dimensionamiento de la fibra

Para alcanzar un desprendimiento efectivo de las espinas de la fruta, el rodillo circular tiene que estar en forma perpendicular en cada fila de fibra, y mientras va girando alcanza el desprendimiento de las espinas. Las dimensiones de la fibra verde de los rodillos son de 950mm de largo y 200mm de ancho, para una excelente limpieza. Las fibras no deben ser contaminantes, con recuperación elástica. La fibra verde cumple con las características necesarias para el rodillo, ya que este material es una fibra textil elástica y resistente. Esta fibra es construida bajo las normas ISO 9001:2008 e ISO 14001:2004, ya que es un material creado para interactuar con los utensilios domésticos es apto para aplicarlo en la máquina y no tendrá ningún inconveniente de estar en contacto con el fruto.

Tabla 5.18. Partes del rodillo y dimensiones de la fibra.

Cuerpo del rodillo	Fibra verde	Unión cuerpo de rodillo con la fibra verde
		

5.2.8 Selección de piñones

La limitación precedente será tanto más rígida cuanto más elevados sean los valores de la potencia y RPM de la transmisión. Solo en el caso de que ambos sean reducidos, puede llegarse a emplear piñones de 11, 13, 15 o 16 dientes. [16]

Por este motivo para la implementación de nuestra máquina se seleccionó un piñón de 16 dientes.



Figura 5.4. Piñón 16 dientes, paso 30.

5.2.9 Selección de la cadena del sistema de transmisión

Las características fundamentales de las transmisiones por cadena incluyen una relación constante porque no hay deslizamiento ni arrastre, larga vida útil y la capacidad de impulsar múltiples ejes desde una sola fuente de energía.

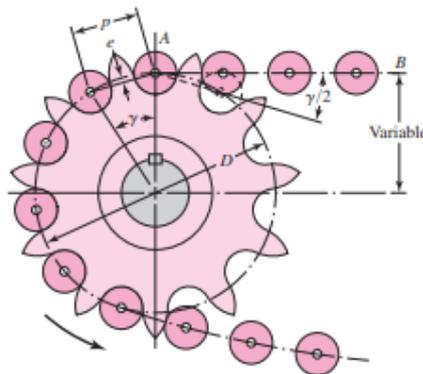


Figura 5.5. Esquema piñón y cadena. [17]

La rotación del eslabón a través del ángulo $\gamma/2$ provoca impacto entre los rodillos y los dientes de la catalina, así como desgaste en la junta de la cadena. Como la vida de la transmisión seleccionada en forma apropiada es una función del desgaste y de la resistencia a fatiga

superficial de los rodillos, resulta importante reducir el ángulo de la articulación tanto como sea posible. [17]

Para el cálculo de la transmisión por cadenas se utilizó la teoría presentada en el libro de Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley.

Cálculos para la transmisión de energía y selección de cadena

Para la selección de la cadena es necesario conocer las revoluciones que va a tener la cadena y la potencia que va a transmitir por este motivo se procede a calcular los datos requeridos aplicando las siguientes fórmulas: [16]

Velocidad de la cadena

$$v = \frac{P * Z1 * N1}{1000} \quad (5.2)$$

En donde:

v= velocidad de la cadena

P= paso de la cadena

Z1= número de dientes del piñón

N1= número de vueltas del piñón

$$v = \frac{13mm * 16 * 430rpm}{1000} = 89,44 rpm$$

Nuestra máquina va a trabajar con una potencia de 0,186 Kw.

Con estos valores se procederá a la elección de la cadena en la siguiente tabla.

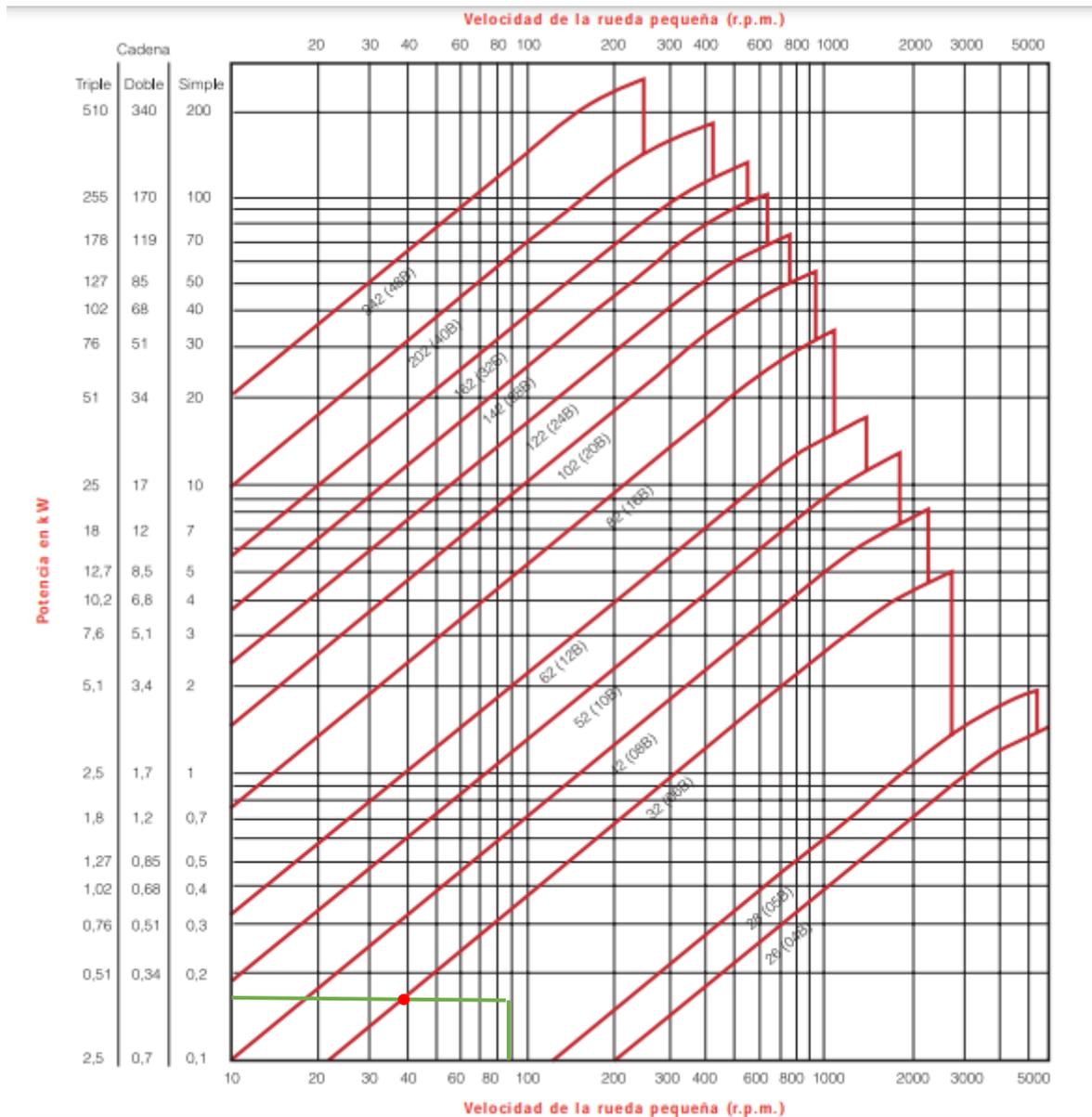


Figura 5.6. Grafica para la selección de la cadena. [16]

Según la tabla nos indica que debemos seleccionar una cadena 32(06B) según las normas ISO 606, que nos menciona que es una cadena de paso 30.

5.2.9.1 Cálculo de la longitud de la cadena requerida

Para realizar el cálculo de la longitud necesaria para nuestra máquina nos basaremos en la fórmula (4.2):

$$2C + \frac{S}{2} + \frac{K}{S}$$

En donde:

C= distancia entre centros de ejes.

S=suma de piñones.

K=el valor de k se obtiene en la tabla de valores D.

Tabla 5.19. Tabla de los valores de K según sea la cantidad D. [18]

D	K	D	K	D	K	D	K	D	K	D	K	D	K	D	K
1	0,03	25	15,83	49	60,82	73	134,99	97	238,33	121	370,86	145	532,57	169	723,46
2	0,10	26	17,12	50	63,33	74	138,71	98	243,27	122	377,02	146	539,94	170	732,05
3	0,23	27	18,47	51	65,88	75	142,84	99	248,26	123	383,22	147	547,36	171	740,60
4	0,41	28	19,86	52	68,49	76	146,31	100	253,30	124	389,48	148	554,83	172	749,37
5	0,63	29	21,30	53	71,15	77	150,18	101	258,39	125	395,79	149	562,36	173	758,11
6	0,91	30	22,80	54	73,86	78	154,11	102	263,54	126	402,14	150	569,93	174	766,90
7	1,24	31	24,34	55	76,62	79	158,09	103	268,73	127	408,55	151	577,53	175	775,74
8	1,62	32	25,94	56	79,44	80	162,11	104	273,97	128	415,01	152	585,23	176	784,63
9	2,05	33	27,58	57	82,30	81	166,19	105	279,27	129	421,52	153	592,96	177	793,57
10	2,53	34	28,28	58	85,21	82	170,32	106	284,67	130	428,08	154	600,73	178	802,57
11	3,06	35	31,03	59	88,17	83	174,50	107	290,01	131	434,69	155	608,56	179	811,61
12	3,65	36	32,83	60	91,19	84	178,73	108	295,45	132	441,36	156	616,44	180	820,70
13	4,28	37	34,68	61	94,25	85	183,01	109	300,95	133	448,07	157	624,37	181	829,85
14	4,96	38	36,58	62	97,37	86	187,34	110	306,50	134	454,83	158	632,35	182	839,04
15	5,70	39	38,53	63	100,54	87	191,73	111	312,09	135	461,64	159	640,38	183	848,29
16	6,48	40	40,53	64	103,75	88	196,16	112	317,74	136	468,51	160	648,46	184	857,58
17	7,31	41	42,58	65	107,02	89	200,64	113	323,44	137	475,42	161	656,59	185	866,93
18	8,21	42	44,68	66	110,34	90	205,18	114	329,19	138	482,39	162	664,77		
19	9,14	43	46,84	67	113,71	91	209,76	115	334,99	139	489,41	163	673,00		
20	10,13	44	49,04	68	117,13	92	214,40	116	340,84	140	496,47	164	681,28		
21	11,17	45	51,29	69	120,60	93	219,08	117	346,75	141	503,59	165	689,62		
22	12,26	46	53,60	70	124,12	94	223,82	118	352,70	142	510,76	166	698,00		
23	13,40	47	55,95	71	127,69	95	228,61	119	358,70	143	517,98	167	706,44		
24	14,59	48	58,36	72	131,31	96	233,44	120	364,76	144	525,25	168	714,92		

Tabla 5.20. Datos para el cálculo de la longitud de la cadena.

Datos	
Dientes del piñón conductor	16
Dientes del piñón conducido	16
Paso de la cadena	30
Distancia entre centros de eje 1	62,99 pulgadas
Distancia entre centros de eje 2	5,511 pulgadas

Distancia 1

$$C = 62,99 / 0,5 = 125,98''$$

$$S = (16+16) = 32$$

$$D = (16-16) = 0$$

$$K = 0$$

$$2(125,98'') + \frac{32}{2} + \frac{0}{32} = 267$$

$$267 * 0,5 = 133,5''$$

$$133 * 25,4 = 3378,2mm$$

longitud de cadena distancia 1 = 3,3m

Distancia 2

$$C = 5,511/0,5 = 11,022''$$

$$S = (16+16) = 32$$

$$D = (16-16) = 0$$

$$K = 0$$

$$2(11,022'') + \frac{32}{2} + \frac{0}{32} = 38$$

$$38 * 0,5 = 19''$$

$$19 * 25,4 = 482,6mm$$

$$\text{longitud de cadena distancia 2} = 0,4m$$

Longitud total requerida para el sistema

$$\text{longitud 1} + \text{longitud 2} \quad (5.3)$$

$$3,3m + 0,4m = 3,7m$$

5.3 SISTEMA DE CONTROL Y ELÉCTRICO

5.3.1 Sistema de transmisión

El sistema de transmisión es por medio del mecanismo de piñones enlazados por una cadena. Los rodillos tienen la misma velocidad angular, en el mismo sentido para tener una uniformidad en el instante de la limpieza.

Es impulsada por un motor trifásico de 1 hp y controlado con un variador de frecuencia para controlar la velocidad y así alcanzar la limpieza óptima de la fruta.

5.3.2 Sistema eléctrico y de potencia

5.3.2.1 Cálculo de velocidades

Basándose en los métodos empleados por los agricultores de la limpieza manual de la tuna, con escobas de fibra de nylon, se realizó una experimentación para determinar la velocidad lineal tentativa para el diseño.



Figura 5.7. Experimentación de la limpieza de la tuna.

Después de realizar las mediciones del tiempo y velocidad que emplean al momento de limpiar el fruto en un espacio de 1 metro se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla 5.21. Datos de la experimentación de la limpieza de la tuna.

Espacio(m)	Tiempo(s)	Velocidad(m/s)
1	1,10	0,90
1	1,05	0,95
1	1,05	0,95
1	1,20	0,83
1	1,10	0,90
1	1,25	0,8
1	1,03	0,97
1	1,30	0,76
1	1,05	0,95
1	1,11	0,90
1	1,08	0,92
1	1,33	0,75
1	1,22	0,81
1	1,02	0,98
1	1,02	0,98
Promedio	1,12	0,9

Una vez que sacamos el promedio de las velocidades, obtenemos que la velocidad lineal promedio es de 0,9m/s para el cálculo de la velocidad angular.

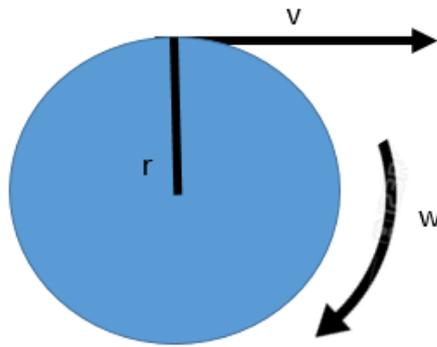


Figura 5.8. Representación de las velocidades lineal y angular.

La velocidad lineal está relacionada entre la velocidad angular y su radio.

Diámetro del rodillo: 50mm

Velocidad lineal: 0,9m/s

$$w = \frac{v}{r} \quad (5.4)$$

En donde:

v= velocidad lineal

r= radio del rodillo

$$w = \frac{600\text{mm/s}}{25\text{mm}}$$

$$w = 36 \text{ rad/s}$$

La aceleración angular está relacionada con la velocidad angular de cada rodillo y el tiempo de limpieza.

Velocidad angular: 36 rad/seg

Tiempo: 2 segundos

$$\alpha = \frac{w}{t} \quad (5.5)$$

En donde α = es la aceleración angular.

w = velocidad angular.

t = tiempo.

$$\alpha = \frac{36 \text{ rad/s}}{2s}$$

$$\alpha = 18 \text{ rad/s}^2$$

La aceleración está relacionada con la velocidad y el tiempo de asentamiento, donde:

$$a = \frac{v}{t} \quad (5.6)$$

En donde:

a = es la aceleración angular.

v = velocidad.

t = tiempo.

$$a = \frac{900 \text{ mm/s}}{2s}$$

$$a = 450 \text{ mm/s}^2$$

5.3.2.2 Selección del motor

El motor tendrá las características necesarias para cumplir con los requisitos establecidos. [19]

Según plantea el libro Mechanical Design for the STAGE y el libro Manual de motores eléctricos Weg para seleccionar el motor mencionan que se debe considerar las siguientes variantes [20] y la fórmula (4.3):

$$P_{max} = (F_{aceleracion} + F_{friccion} + F_{levantamiento})V_{max} + (T_{aceleracion} + T_{friccion} + T_{levantamiento})W_{max}$$

En donde:

P_{max}= potencia máxima.

F aceleración= fuerza de aceleración.

F fricción= fuerza de fricción.

F levantamiento= fuerza de levantamiento.

V_{max}= velocidad máxima.

T aceleración= torque de aceleración.

T fricción=torque de fricción.

T levantamiento= torque de levantamiento.

Wmax=velocidad angular máxima.

Por medio de la observación y experimentación se determinó que:

La fuerza de aceleración se proporciona en un caso crítico que las tunas alcancen un estado máximo como se indica en a figura 5.9.

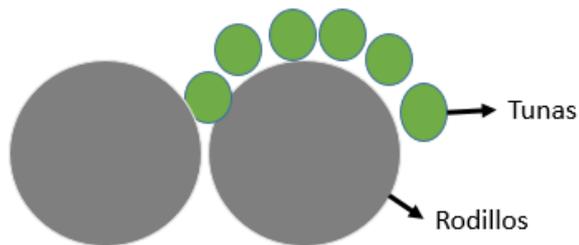


Figura 5.9. Caso crítico de los rodillos con las tunas.

Aquí el rodillo alcanza a tener 22 tunas sobre él y con estos datos se procederá a calcular la fuerza de aceleración, a saber:

$$F \text{ aceleracion} = m_{total} * a \quad (5.7)$$

En donde:

F aceleración= fuerza de aceleración.

m_{total}= masa total

a= aceleración.

$$F \text{ aceleracion} = 185g * 22 * 0,45m/s^2$$

$$F \text{ aceleracion} = 1,83N * 21$$

$$F \text{ aceleracion} = 38,43N$$

$$F \text{ aceleracion} = 3,92 \text{ kgf}$$

Para determinar la fuerza de fricción se realizó experimentos con un dinamómetro y una escoba con cerdas de nylon para determinar el rozamiento entre ambos y la velocidad recomendada para no dañar la morfología del fruto.



Figura 5.10. Fuerza de fricción entre la tuna y la escoba de nylon.

En los experimentos realizados se tomó el valor promedio de la fuerza de rozamiento entre la tuna y la escoba de fibra de nylon esta fue de 0.095 Kgf y cómo afectan a 22 tunas teniendo en cuenta el rozamiento, el rozamiento total del rodillo es de 2,09 kgf y esto será multiplicado por el número total de rodillos y tenemos un valor de 43,9kgf.

Para calcular el torque de aceleración tomamos en cuenta la inercia del rodillo y la aceleración angular, donde:

$$T_{aceeracion} = I\alpha \quad (5.8)$$

$$I_{eje} = \frac{ml^2}{\#eje}$$

$$I_{eje} = \frac{2kg * (1,07)^2}{21}$$

$$I_{eje} = 0,12kgm^2$$

$$\alpha = 18 \text{ rad/s}^2$$

$$T_{aceleracion} = I\alpha$$

$$T_{aceleracion} = (0,12kgm^2)(18rad/s^2)$$

$$T_{aceleracion} = 2,2N$$

Para el cálculo de la potencia tendremos que determinar los siguientes parámetros.

Tabla 5.22. Fuerzas que intervienen en el cálculo de la potencia del motor.

Cálculo de la potencia del motor	
Descripción	k.g.f
Fuerza de aceleración	3,92
Fuerza de fricción	43,9
Total	47,82

$$P_{max} = (F_{aceleracion} + F_{friccion} + F_{levantamiento})V_{max} + (T_{aceleracion} + T_{friccion} + T_{levantamiento})W_{max}$$

$$P_{max} = \left[(469N) \left(\frac{0.9m}{s} \right) \right] + \left[(2,2N.m) \left(36 \frac{rad}{s} \right) \right]$$

$$P_{max} = 501,3 W$$

$$P_{max} = 0,7 hp$$

La potencia mecánica requerida para el sistema de transmisión para la limpieza de las tunas es de 0,7 hp.

Se escogió un motor trifásico de un 1hp de 2 polos marca siemens de dos polos por facilidad de adquisición.

Para el control de velocidad del motor se lo hará con un variador de frecuencia, que se seleccionara con la potencia del motor seleccionado que en este caso es de 1hp, por este motivo se selecciona un variador de la misma potencia para su correcto funcionamiento.

5.3.2.3 Motor trifásico siemens

Para la alimentación de nuestra máquina se utilizara un motor trifásico, ya que tiene las características que son requeridas para el correcto funcionamiento de nuestra máquina.

Tabla 5.23. Características del motor trifásico siemens de 1 hp.

Características del motor	
Voltaje	220VDD/380VYY/440VD
Frecuencia	60 Hz
Potencia	1 hp
Polos	2
Amperios	3,30/1,91
Eficiencia	77%
cosφ	0,77
Revoluciones	1720 r/min

5.3.2.4 Variador de frecuencia Siemens Sinamics v20

Para el control de velocidad de nuestro motor se empleó un variador de frecuencia marca siemens sinamic v20 6SL3210-5BB17-5UV1 para motores de 1hp con una corriente nominal de 4,2 A, ya el motor que fue seleccionamos para nuestra máquina es de 1hp.

SINAMICS V20 es el variador de frecuencia de Siemens compacto, ofrece una solución de accionamiento simple y rentable para multitud de aplicaciones. El variador de frecuencia SINAMICS V20 de Siemens se distingue por sus rápidos tiempos de puesta en marcha, facilidad de uso, robustez y eficiencia de costes. Destaca por su tamaño compacto, disponible en tamaño FSA hasta 2,2kW y cubre un rango de potencia desde 0,12 kW hasta 15 kW en tensiones de red Monofásicas 220V y Trifásicas 400V. [21]

El variador de frecuencia fácil de instalar

- Montajes disponibles: "Push-throught" (tras el armario) e instalación "side-by-side" (lateral)
- Comunicación USS y Modbus RTU.
- Módulo de frenado opcional hasta 5,5kW e integrado desde 7,5 kW a 15 kW.

El variador de frecuencia fácil de usar

- Copia de parámetros sin fuente de alimentación.
- Macros de conexión y aplicación integradas.
- "Keep running mode" para el funcionamiento ininterrumpido del convertidor.
- Amplio rango de robustez gracias al recubrimiento de las PCBs (tarjetas electrónicas) protegidas y barnizadas.

Gran ahorro económico

- Hibernación.
- Modo ECO para V/f, V2/f
- Conexión bus DC, reutilización de la Energía. [21]

Tabla 5.24. Características de variador de frecuencia siemens sinamics v20 .

Características del variador de frecuencia	
# de fases de entrada	1 AC
Tensión de red en la entrada	200...240v -15% +10%
Frecuencia de red en la entrada	47...63 Hz
# de fases a la salida	3 AC

Potencia asignada a la salida	0,75 kW/ 1,00 hp
Factor de potencia	0,72
Factor de decalaje	0,95
Rendimiento	0,98

5.3.3 Sistema de control del proceso

El control de esta máquina es un proceso que se lleva a cabo con elementos o dispositivos eléctricos, cuyo objetivo es controlar de forma eficiente el funcionamiento del mismo, de tal manera que se pueda operar por sí solo.

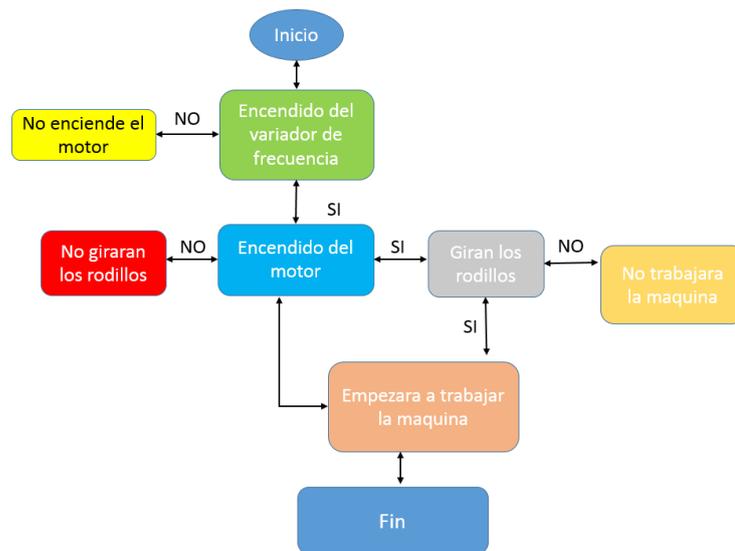


Figura 5.11. Diagrama de flujo del sistema de control de la máquina.

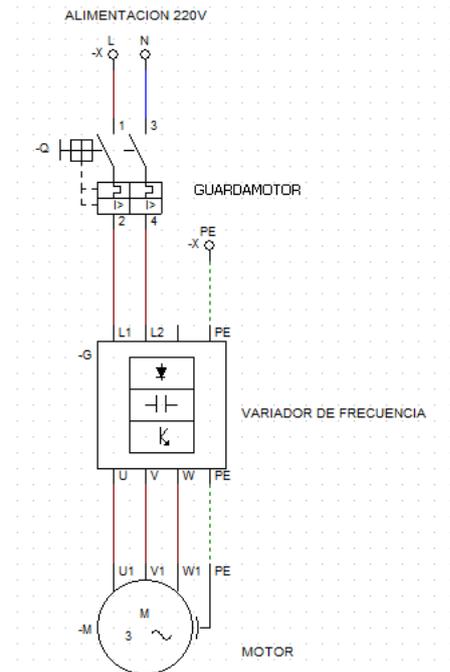


Figura 5.12. Diagrama de conexión.

5.3.3.1 Selección del conductor eléctrico

Para seleccionar el conductor adecuado se procede a dimensionar utilizando la siguiente fórmula:

Intensidad de corriente admisible

Para calcular la corriente admisible del conductor se utiliza la fórmula (4.4):

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * VL * Ef * \cos\varphi}$$

En donde:

P= potencia del motor

VL= Voltaje de línea

Ef= eficiencia del motor

$\cos\varphi$ = factor de potencia del motor

$$I = \frac{746}{\sqrt{3} * 220 * 0,77 * 0,77}$$

$$I = 3,30 A$$

La corriente nominal del variador de frecuencia es 4,2A.

En nuestro sistema eléctrico se utiliza el mismo calibre para todo el cableado con diferencia de colores, para distinguirlos. Al utilizarse en una línea de 7,5 amperios, el calibre de 14 AWG sería adecuado, ya que soporta hasta 14 A, pero de acuerdo a la NEC instalaciones eléctricas, menciona que para cargas tipo motor eléctrico o de fuerza, el calibre mínimo es 12 AWG.

Tabla 5.25. Tabla para la selección del cable.

AMPERAJE - CABLE DE COBRE			
Tipo de resistencia	TW	RHW, THW, THWH	THHN, XHHWN-2HW-2T
Nivel de temperatura	60 C	75 C	90 C
Calibre	Amperaje soportado		
14 AWG	15A	15A	15A
12 AWG	20A	20A	20A
10 AWG	30A	30A	30A
8 AWG	50A	50A	55A
6 AWG	55A	65A	75A
4 AWG	70 A	85A	95A
3 AWG	85A	100A	115A
2 AWG	95A	115A	130A
1 AWG	110 A	130A	145A
1/0 AWG	125 A	150A	170A
2/0 AWG	145 A	175A	195A
3/0 AWG	165 A	200A	22A
4/0 AWG	195 A	230A	230A

Se utilizará el cableado con las siguientes características:

- Calibre: 12 AWG
- Corriente máxima a soportar: 20 A
- Tipo de Cable: THHN

5.3.4 Selección de la protección

Guardamotor

Para la selección del guarda motor se utiliza la fórmula (4.6) que es la siguiente:

Corriente nominal

$$In = \frac{PE}{\sqrt{3} * V * \cos\theta}$$

En donde:

PE=potencia eléctrica

V=voltaje

cosθ= Factor de potencia

$$In = \frac{746}{\sqrt{3} * 220 * 0,77}$$

$$In = 3 A$$

Una vez la obtenida la corriente procederemos a buscar en cata logos un guardamotor magnetotérmico el cual será el encargado de proteger nuestros elementos eléctricos.

En nuestro caso seleccionamos un guardamotor MS116 de marca ABB, que tienen un rango de configuración de tensión nominal de 0,16 a 32 A.

Guardamotores
Presentación



	MS116	MS132	MS165	MS5100
2 Tipo	MS116	MS132	MS165	MS5100
Con protección térmica y electromagnética	Si	Si	Si	Si
Protección electromagnética	-	-	-	-
Sensibilidad de pérdida de fase	Si	Si	Si	-
Posición de interruptor	ON/OFF (Activado/Desactivado)	ON/OFF/TRIP (Activado/Desactivado/Desconexión)	ON/OFF/TRIP (Activado/Desactivado/Desconexión)	ON/OFF/TRIP (Activado/Desactivado/Desconexión)
Indicación de disparo magnético	-	Si	Si	-
Mango con bloqueo sin accesorios	-	Si	Si	Si
Función de desconexión	Si	Si	Si	Si
Ancho	45 mm	45 mm	55 mm	90 mm
Tensión nominal de funcionamiento I _n	0.16 ... 32 A	0.16 ... 32 A	16 ... 65 A	100 A
Rango de configuración	0.1 ... 32 A	0.1 ... 32 A	10 ... 65 A	40 ... 100 A
Temperatura ambiente	-25 ... +55 °C ¹⁾	-25 ... +60 °C ¹⁾	-20 ... +60 °C ¹⁾	-25 ... +70 °C

¹⁾ Compensación

Figura 5.11. Selección de guardamotor.

5.4 SIMULACIÓN DE LA MÁQUINA

La simulación de la máquina limpiadora y clasificadora de tuna nos ayuda a poner miras en el funcionamiento sin tener la máquina en físico para con esto poder observar si los mecanismos funcionan correctamente y ver si los materiales que se desean emplear son los adecuados para la construcción.

En este entorno podemos probar distintas maneras de transmisión de fuerza del motor, movimiento de los rodillos, resistencia de la cadena y control de velocidades, sin embargo es necesario realizar pruebas mediante simulaciones para aquí poder corregir errores y fallos de diseño antes de la elección de los materiales para la construcción de esta máquina, para con esto evitar gastos innecesarios por daños en los materiales o en la estructura al momento de su construcción y pruebas, al momento de simular ya podemos considerar el proceso casi real del mecanismo de transmisión para ver su funcionamiento. La simulación en este programa facilita la selección de materiales y mecanismo electromecánico para poder empezar a seleccionar materiales y posterior empezar con su construcción.

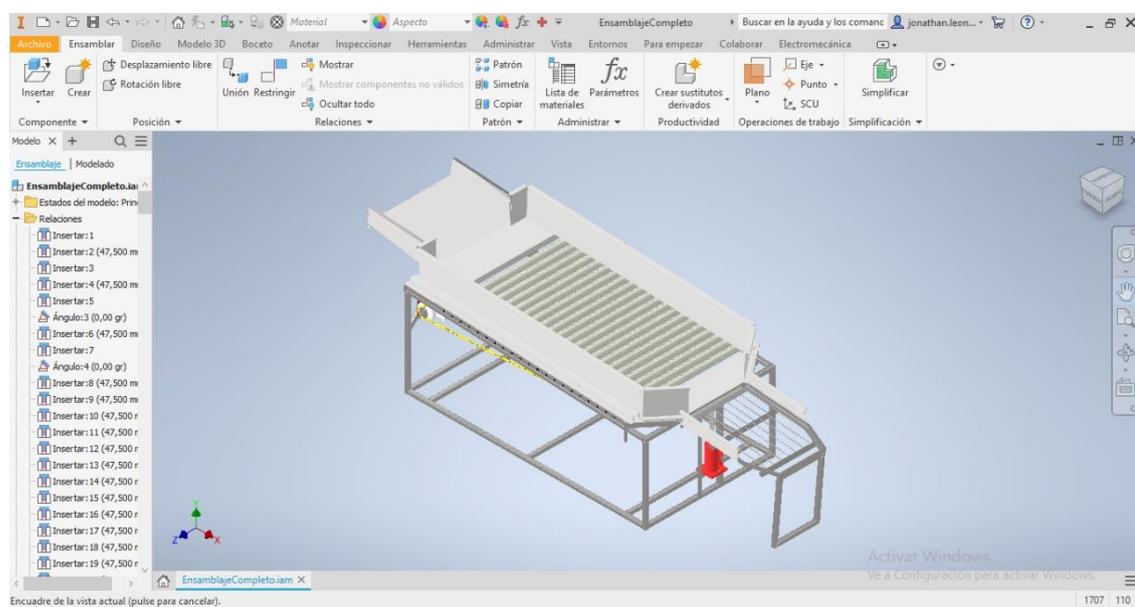


Figura 5.12. Simulación de la máquina limpiadora y clasificadora de tuna en inventor.

5.4.1 Características a mencionar respecto a la mesa de rodillos

- Mesa que soporta a los rodillos con capacidad de recibir alrededor de 2 a 3 baldes con capacidad de alrededor de 100 tunas cada uno, con un ancho de 97 cm y 160 cm de largo, estas dimensiones fueron seleccionadas para que la limpieza de esta cantidad de frutos sea óptima ya que previo a la construcción se realizó mediciones del volumen de los frutos para poder sacar un valor promedio.
- Una gata hidráulica para regular la altura de la mesa de limpiado.
- Láminas de acero colocadas a los dos costados para evitar que la tuna de caiga.
- Control de encendido y apagado del motor por medio de un variador de frecuencia.

5.4.2 Requerimientos para la máquina

- Limpiar los espinos de las tunas sin influir en un cambio morfológico de la fruta.

- La máquina debe limpiar 4000 tunas/h.
- Fácil de operación.
- Adecuada para una persona de promedio normal. Según el Telégrafo en el Ecuador en la región sierra la talla promedio es de 164 cm. [23]

5.5 SISTEMA DE LIMPIEZA DE LA TUNA

Después del estudio realizado, se llega a la concluir que debemos utilizar el sistema de limpieza con rodillos recubiertos de fibra de verde, los rodillos circulares con movimiento mecánico.

La limpieza se realizará con veintiuno rodillos rotativos, con una misma velocidad angular constante, para así poder tener una mayor área de contacto de la fibra verde con las tunas.

Las fibras son flexibles que ayudan al desprendimiento de los espinos en una forma óptima para alcanzar que la fruta no sufra ningún daño en su parte superficial.

El desprendimiento de las espinas se lo realiza por la fricción ocasionada entre los rodillos en rotación, la tuna y los rodillos están en rotación constante para logra su limpieza total.

La dimensión de los rodillos y el número de los rodillos fue considera para tener un buen despinado ya que es directamente proporcional a la limpieza.



Figura 5.13. Sistema de limpieza entre la tuna y la fibra.

Se presentan los resultados a los que se llegó con la implementación de la máquina limpiadora y clasificadora de tuna, después de haber implementado la máquina limpiadora y clasificadora de tuna se realizaron pruebas para comparar el tiempo que emplean los agricultores y el tiempo que emplea dicha máquina, es evidente el mejoramiento de la producción ya que al momento de limpiar manualmente un balde que aproximadamente tiene alrededor de 100 tunas se demora 5 minutos y para su clasificación es de 2 minutos, con la implementación de la máquina se puede limpiar y clasificar la misma cantidad de frutos en un tiempo de 2 min y 30 seg, aquí

podemos ver que el tiempo que se requiere para hacer estas dos acciones con la máquina se reduce alrededor de 4 min y 30 seg, lo cual a una escala mayor significa un incremento para la producción de la fruta.

5.6 COMPARACIÓN DE TIEMPO EMPLEADO PARA LA LIMPIEZA Y CLASIFICACIÓN DE LA TUNA.

Después de haber implementado la máquina limpiadora y clasificadora de tuna se realizaron pruebas para comparar el tiempo que emplean los agricultores y el tiempo que emplea dicha máquina, se obtuvo los siguientes resultados.

Tabla 5.26. Comparación de los tiempos empleados para la limpieza y clasificación.

Comparación de tiempos		
	Agricultores, tiempo(min)	Máquina, tiempo (min)
Limpieza	5	1min y 30 seg
Clasificación	2	1 min
# personas	3 personas	1 personas

5.7 DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DE LIMPIEZA DE LA TUNA

Para determinar el tipo de limpieza que realiza el prototipo se procedió a pesar el fruto antes de ser limpiado y posterior a la limpieza para poder determinar el rango de limpieza que realiza.

Una vez realizado estas pruebas a una población de alrededor de 50 tunas se obtuvo que el rango de limpieza es de 1 a 2gr por fruto.

Tabla 5.27. Ponderación de la densidad de despinado.

Densidad del despinado de la fruta (gr)					
Grande (gr)		Mediana (gr)		Pequeña (gr)	
Con espinas	Sin espinas	Con espinas	Sin espinas	Con espinas	Sin espinas
178	2	100	2	102	2
156	1	130	1	99	2
149	2	104	2	89	1
182	2	102	2	98	2
187	2	111	2	103	1
155	1	122	1	88	2
168	2	112	2	99	1
176	2	103	2	93	2
188	2	108	2	86	2
198	1	106	1	89	2
163	2	121	2	92	1
166	2	119	2	69	2
162	1	103	2	78	2

187	2	105	2	83	2
175	2	121	2	89	2
189	1	122	2	102	2
199	2	103	1	105	1
193	2	101	2	89	1
185	2	100	1	90	2
183	2	107	2	95	2
Promedio	1,75		1,75		1,70

Al obtener el valor promedio de las tres dimensiones de las tunas se obtiene un valor que es de 1,73 lo cual es equivalente al 87% este porcentaje representa el porcentaje de despinado que tiene la fruta al momento de ser despinada en el prototipo, tomando como referencia que 2gr es el 100% de despinado.

Tabla 5.27. Densidad del despinado.

Comparación de la densidad de limpieza		Peso con espinas (gr)	Peso sin espinas (gr)
		185	183
		108	107
		148	147

5.8 COSTOS DE TRABAJO

Se realiza el análisis de costos tomando en cuenta las horas y los días que va a estar en funcionamiento.

Tabla 5.28. Cálculo de consumo en kW/h.

Consumo por día	Potencia (W)	Potencia (kW)	Tiempo (horas)	Días a la semana	kW/h
Funcionamiento del motor trifásico	745	0,75	1	2	0,75
Alimentación del variador de frecuencia	745	0,75	1	2	0,75

Tabla 5.29. Valor de consumo de la máquina en un mes.

Consumo total	kW.h	kW.h/mes	Costo kW·h/mes
Alimentación de la máquina limpiadora y clasificadora de tuna	1,5	45	1,8 ctvs

Como se observa en la tabla 5.28 y tabla 5.29 se calculó el valor de consumo de producción para nuestra máquina limpiadora y clasificadora de tuna se sobre dimensionó tomando como referencia el consumo diario durante los 30 días del mes, multiplicando el valor de la potencia con las horas trabajadas de cada elemento de alimentación de la máquina que en este caso se trata del motor y el variador de frecuencia, tomando en cuenta que el costo del kW·h es \$0.04 ctvs. [24], llegando a los resultados pertinentes del consumo de energía por mes del sistema.

5.9 PRESUPUESTO

El presupuesto del proyecto está definido por varios aspectos tales como: materiales a utilizar, costos directos e indirectos, los cuales serán detallados en forma de tabla y sus respectivas especificaciones.

Materiales que se utilizarán durante el desarrollo del proyecto.

Tabla 5.30. Presupuesto de la máquina limpiadora y clasificadora de tuna.

Rubro	Cantidad	Precio unidad (\$)	Precio total (\$)
Tubo redondo de acero ASTM A36 de 2x1,5	4,5	18	81
Varilla de acero lisa A36 de 5/8	5	11,50	57,5

Tubo cuadrado ASTM A 36 de 1 ¼	2	15	30
Motor trifásico siemens de 1hp	1	151,2	151,2
Variador siemens sinamic v20 para 1hp	1	238,7	238,7
Lamina de acero inoxidable de 2mm	1	60	60
Lamina de acero inoxidable de 1mm	1	30	30
Piñones de acero de 16 puntas de paso 30	22	1,47	32,34
Fibra verde	20	5,80	129,92
Rodamientos de bolas SKF	42	4	168
Cadena de acero de paso 30	4	2,50	10
Gata hidráulica de 1 tonelada	1	15	15
Total			1003,66

Basándonos en el salario mínimo publicado el 14 de diciembre del 2021 siendo este de \$425, en conjunto con el código de trabajo el cual indica que se debe trabajar 40 horas durante la semana [25]

$$\# \text{Horas} = 40_{\text{por semana}} \cdot 4_{\text{semanas}} = 160_{\text{horas al mes}} \quad (5.9)$$

$$\text{Costos por hora} = \frac{425}{160} = \$2,65$$

Tabla 5.31. Presupuesto de gastos indirectos y profesionales.

Horas	Descripción	Valor por hora	Valor total
--------------	--------------------	-----------------------	--------------------

60	Diseño y simulación en inventor	2,65	159
120	Construcción de los rodillos y la fibra	2,65	318
160	Construcción de la estructura de la máquina	2,65	424
30	Instalación del sistema electromecánico	2,65	79,5
40	Pruebas de campo	2,65	106
Total			1086,5

Una vez que la implementación de la máquina esté completo y funcionando correctamente, nuestro valor total será de \$2.090,16, teniendo en cuenta el tiempo de pruebas, el tiempo de trabajo y la corrección de errores, incluidos los gastos indirectos en estas áreas. El presupuesto de gastos indirectos es de \$1086,50 y el presupuesto de materiales para el sistema electromecánico es de \$1003,66.

5.10 ANÁLISIS DE IMPACTO

5.10.1 Impacto tecnológico

Generando de una nueva máquina que permite reducir tiempo y el cual aumentara producción de la tuna ,ha sido de gran necesidad el implementar una máquina que sea capaz de reducir tiempo momento de limpiar y clasificar esta fruta, gracias a un mecanismo de cadena que es el que mueve unos rodillos que están recubiertos de una fibra verde es capaz de realizar la acción de limpieza de dicho fruto y a la salida de este proceso se encuentra una mesa con separaciones para la clasificación, gracias a esto se logra e objetivo que es potenciar la producción de los agricultores y así poder facilitar al momento de empacar el fruto ya que gracias a un motor que moverá el sistema de rodillos por cadena y un variador de frecuencia que controlara la velocidad de motor para no dañar la morfología de la fruta. Así obteniendo un fruto de calidad en limpieza una alta producción a las personas que lo cultivan.

5.10.2 Impacto económico

Mayor ingreso económico por la productividad debido a la reducción de tiempo en la cual se invertirá a la limpieza de tunas la producción se elevara. Gracias a esta máquina limpiadora y clasificadora de tuna se asegura un creciente ingreso económico a los agricultores ya que con

esta implementación se logra potenciar el cultivo de este fruto, con los resultados obtenidos de las pruebas de campo se garantiza todo esto ya que una persona que limpia y clasifica 100 tunas de demora alrededor de 8 minutos, por otro lado la máquina solo tardara alrededor de 2 minutos para limpiar y clasificar el mismo número de tunas, con esto nos podemos dar cuenta que crecerá significativamente el ingreso económico para estos agricultores.

5.10.3 Impacto ambiental

Uno de los valores de la máquina para el medio ambiente es que no genera emisión de gases no tiene efecto invernadero, así teniendo en cuenta que mejora la producción de la tuna donde progresan económicamente el agricultor mejorando un estilo de vida para para familias enteras sin perjudicar al ambiente así desarrollando varias réplicas de la máquina para que los agricultores mejoren sus producciones.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

- Con la implementación de la máquina limpiadora y clasificadora de tuna se logró eliminar el esfuerzo de las personas disminuyendo de 7 personas a 1 persona al momento de realizar la limpieza y clasificación de este fruto, y con esto se pudo maximizar la producción en un 95%.
- La capacidad del producto se determinó en una producción por ciclos de hasta 25 Kg, por cada 60 segundos.
- Se logró disminuir las molestias por pinchazos con las espinas del fruto tanto en la piel como en la vista ya que la máquina reduce las espinas volátiles y al momento de limpiar el fruto no es necesario la intervención humana con esto se evita tener molestias en la salud al momento de despinar el fruto.
- La máquina limpiadora y clasificadora de tunas tiene la capacidad de limpiar 4000 tunas/h de una manera segura y eficiente, la máquina se fabricó con materiales de acero A36 capaces de resistir las cargas a las cuales será sometidas como peso y cantidad del fruto en la máquina.
- Las pruebas verificaron el correcto funcionamiento del prototipo; como la cantidad de tunas, y el tiempo empleado en su limpieza, además se determinó retiraba un 90% de espinas al momento de su despinado, sin sufrir cambios en sus propiedades físicas, cumpliendo con los objetivos planteados que eran la disminución de tiempo en el empacado.

6.2 RECOMENDACIONES

- Implementar un sistema de limpieza con escobillas de nylon en la parte superior de los rodillos para que este sistema de un brillo al fruto para mejorar la presentación de la tuna para su posterior comercialización.
- Implementar un sistema de succión con ventiladores para que al momento que esté realizando la limpieza la máquina este sistema succione los espinos para evitar que el espino vuele y cause molestias al operador.
- La tuna debe estar en su grado de madurez normal, para poder ser ingresada a la máquina para su limpieza ya que si la fruta está muy madura puede que sufra daños en su superficie.
- Implementar un contador para cuantificar el margen de producción vs horas de la máquina operando al 100%, así sabiendo la cantidad de fruta en cada caja
- Realizar un estudio para implementar en la máquina limpiadora y clasificadora de tunas, motores de combustión interna, debido a que en todos los lugares no podemos encontrar servicio de energía eléctrica. Para realizar una comparación a costos de energía
- Al tener fallas en el sistema electromecánico, de cualquier tipo dirigirse al manual en la sección de mantenimiento, analizando en el mismo los planos para corregir la falla lo antes posible.

7. BIBLIOGRAFÍA

- [1] M. M. Julián Pérez Porto, «Definicion.de,» Copyright, [En línea]. Available: <https://definicion.de/tuna/>. [Último acceso: 12 Diciembre 2021].
- [2] K. Lavariega, «Gourmet de México,» 12 Abril 2018. [En línea]. Available: <https://gourmetdemexico.com.mx/comida-y-cultura/el-origen-y-los-beneficios-de-la-tuna/>. [Último acceso: 12 Diciembre 2021].
- [3] INEN, «INEN,» 21 Enero 2009. [En línea]. Available: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/1978.pdf>. [Último acceso: 20 Febrero 2022].
- [4] E. Comercio, «La tuna cuatro variedades se producen en el país,» *El comercio*, 15 Octubre 2011.
- [5] P. N. M. V. ALTAMIRANO FREIRE JORGE ANÍBAL, «“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA LIMPIADORA DE TUNAS PARA EL SECTOR AGRICULTOR”,» Riobamba, 2017.
- [6] A. y. J, «A y J transmisiones y equipos,» 21 Mayo 2020. [En línea]. Available: <https://www.ajtransmisiones.com/blog/como-funcionan-rodillos-en-bandas-transportadoras>. [Último acceso: 26 Enero 2022].
- [7] J. P. P. y. A. Gardey, «Definicion.de,» 15 Octubre 2016. [En línea]. Available: <https://definicion.de/rodamiento/>. [Último acceso: 26 Enero 2022].
- [8] Xavi, «Santafixie stories,» 20 Marzo 2020. [En línea]. Available: <https://www.santafixie.com/blog/pinon-fijo-o-single-speed/#:~:text=La%20funci%C3%B3n%20del%20pi%C3%B1%C3%B3n%20de,libre%20o%20un%20pi%C3%B1%C3%B3n%20fijo..> [Último acceso: 26 Enero 2022].
- [9] dzacharias, «igusblogs,» 12 julio 2019. [En línea]. Available: <https://blog.igus.es/knowledge-base/que-es-un-engranaje/>. [Último acceso: 20 Diciembre 2021].
- [10] David, «Expoimsa Cadenas industriales y agrícolas,» 23 Abril 2018. [En línea]. Available: <https://www.expoimsa.com/que-es-una-cadena/>. [Último acceso: 26 Enero 2022].
- [11] SyP, «SyP,» 9 Diciembre 2019. [En línea]. Available: <https://www.solerpalau.com/es-es/blog/motor-trifasico/>. [Último acceso: 26 Enero 2022].
- [12] Juanan, «Mantenimiento electrico.pro,» 3 Febrero 2021. [En línea]. Available: https://mantenimientoelectrico.pro/protecciones_motor_electrico/. [Último acceso: 26 Enero 2022].
- [13] SyP, «SyP,» 7 Enero 2020. [En línea]. Available: <https://www.solerpalau.com/es-es/blog/variador-de-frecuencia/>. [Último acceso: 26 Enero 2022].
- [14] C. R. Romeva, Diseño concurrente, Barcelona: Edicions UPC, 2002.

- [15] E. Telegrafo, «La estatura de los ecuatorianos se incrementa en 4 décadas,» *Los cambios empiezan desde el primer mes de vida*, p. 21, 25 Octubre 2017.
- [16] A. Hendrickson, *Mechanical Design for the Stage*, Oxford: Focal press, 2008.
- [17] J. C. McCormac, *Análisis de Estructuras. Métodos Clásico y Matricial*, Mexico: Marcombo, 2011.
- [18] QuimiNet, «QuimiNet.com,» 22 Junio 2011. [En línea]. Available: <https://www.quiminet.com/articulos/que-es-el-acero-negro-y-cuales-son-sus-principales-caracteristicas-61225.htm>. [Último acceso: 29 Diciembre 2021].
- [19] n. E. E. 10088-1, «Grupo Carvi,» 23 Marzo 2019. [En línea]. Available: <https://www.grupocarvi.com/noticias>. [Último acceso: 26 Enero 2022].
- [20] Joresa, «Joresa,» 21 Marzo 2010. [En línea]. Available: https://irp-cdn.multiscreensite.com/81612fc9/files/uploaded/cadena_transmision_cálculo.pdf. [Último acceso: 25 Febrero 2022].
- [21] R. G. B. y. J. K. Nisbett, *Diseño en ingeniería mecánica de shigley*, España: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V, 2008.
- [22] Intermec, «Intermec,» 2 Noviembre 2010. [En línea]. Available: https://www.intermec.com.co/pdf/cálculo_longitud_cadena.pdf. [Último acceso: 6 Enero 2022].
- [23] W. R. Voigt, *Manual de motores eléctricos*, Argentina: weg, 2008.
- [24] S. y. S, «S y S,» 22 Febrero 2012. [En línea]. Available: <https://www.solucionesyservicios.biz/SINAMICS/SINAMICS-V20>. [Último acceso: 19 Enero 2022].
- [25] I. A. D. S. Unamuno, *NEC instalaciones eléctricas*, Quito: Ministerio de desarrollo urbano y vivienda, 2019.
- [26] ELEPCO.SA, «ELEPCO.SA,» ELEPCO.SA, 17 Abril 2020. [En línea]. Available: <https://elepcosa.com.ec/las-tarifas-electricas-se-mantienen-durante-la-emergencia-sanitaria/>. [Último acceso: 15 Julio 2021].
- [27] S. España, «Ecuador sube el salario básico a 425 dólares tras aumentar la carga de impuestos,» *El país*, 14 Diciembre 2021.
- [28] A. Molina, «Gastrolab,» 3 Septiembre 2020. [En línea]. Available: <https://www.gastrolabweb.com/saludable/2020/9/3/frutas-mexicanas-conoce-los-tipos-de-tunas-los-beneficios-de-cada-una-2812.html>. [Último acceso: 12 Diciembre 2021].
- [29] Automation24, « Interempresas Media,» 2019. [En línea]. Available: <https://www.interempresas.net/Robotica/FeriaVirtual/Producto-Variadores-de-frecuencia-con-modulo-servidor-web-Siemens-Sinamics-V20-196201.html>. [Último acceso: 12 Diciembre 2021].

- [30] S&P, « S&P,» 9 Diciembre 2019. [En línea]. Available: <https://www.solerpalau.com/es-es/blog/motor-trifasico/>. [Último acceso: 12 Diciembre 2021].
- [31] S&P, «El Blog de la ventilación eficiente,» 7 Enero 2020. [En línea]. Available: <https://www.solerpalau.com/es-es/blog/variador-de-frecuencia/>. [Último acceso: 23 Diciembre 2021].
- [32] J. Mitchell, «Techlandia,» 13 Agosto 2002. [En línea]. Available: https://techlandia.com/tipos-variadores-frecuencia-lista_392995/. [Último acceso: 23 Diciembre 2021].
- [33] Automantenimiento.net, «Automantenimiento.net,» 20 Febrero 2012. [En línea]. Available: <https://automantenimiento.net/mecanica/tipos-de-reductores-de-velocidad/>. [Último acceso: 23 Diciembre 2021].
- [34] u. P. P. y. A. Gardey, «Definicion.de,» 5 Junio 2019. [En línea]. Available: <https://definicion.de/motor-electrico/>. [Último acceso: 23 Diciembre 2021].
- [35] B. VENTAGENERADORES, «Ventageneradores.net,» 21 Noviembre 2015. [En línea]. Available: <https://www.ventageneradores.net/blog/todos-los-tipos-de-motores-electricos/#:~:text=Se%20pueden%20dividir%20en%20tres,cada%20uno%20y%20sus%20integrantes!.> [Último acceso: 23 Diciembre 2021].
- [36] S&P, «solerpalau.com,» 16 Diciembre 2019. [En línea]. Available: <https://www.solerpalau.com/es-es/blog/motor-monofasico/#:~:text=La%20definici%C3%B3n%20m%C3%A1s%20simple%20y,energ%C3%ADa%20el%C3%A9ctrica%20en%20energ%C3%ADa%20mec%C3%A1nica.&text=Esto%20se%20debe%20a%20que,triple%20onda%20de%20los%20trif%C3%A1sicos..> [Último acceso: 23 Diciembre 2021].
- [37] V. group, «Direct industry,» [En línea]. Available: <https://www.directindustry.es/prod/siemens-safety-integrated/product-14423-2231233.html>. [Último acceso: 6 Enero 2022].
- [38] M. Á. Pulido, «Variadores de velocidad de motores de corriente alterna,» de *Convertidores de frecuencia, controladores de motores y SSR*, Barcelona, Marcombo, 2000, p. 1.
- [39] C. F. Tedesco, «Variación del motor,» de *Ascensores electrónicos y Variadores de velocidad*, Buenos aires, Alsina, 2011, p. 86.
- [40] R. D. Barrigón, «Variadores de frecuencia,» de *Variadores de frecuencia*, Barcelona, R.diez, 2001, p. 28.
- [41] M. P. G. Juan Carlos Martín, «variación de velocidad en motores,» de *Arranque y variación de velocidad en motores (Automatismos industriales)*, Barcelona, Editex, 2012, p. 235.
- [42] L. & Rosen, «Reductores de velocidad,» de *Motores con reductor de velocidad en el carter y reductores de velocidad independientes*, España, Bröderna Lagerström, 1929, p. 22.
- [43] P. y. Crory, «Reductores de velocidad,» de *Reductores de velocidad Sincrón, variadores de velocidad Kopp - Sincrón*, España, Artes Gráficas Gispert, 1962, p. 48.

- [44] A. Pulido, «Aprendemos tecnología,» 28 Agosto 2008. [En línea]. Available: <https://aprendemostecnologia.org/2008/08/28/sistema-simple-de-poleas-con-correa/>. [Último acceso: 11 enero 2022].
- [45] M. Núñez, «Generac,» 22 Diciembre 2020. [En línea]. Available: <https://blog.generaclatam.com/motor-el%C3%A9ctrico>. [Último acceso: 22 Diciembre 2021].
- [46] ABCmotor, «ABCMotor,» 6 Agosto 2021. [En línea]. Available: https://www.abc.es/motor/reportajes/abci-explicamos-tipos-motores-existen-y-cuales-caracteristicas-202004050153_noticia.html. [Último acceso: 27 Diciembre 2021].
- [47] B. VENTAGENERADORES, «BLOG VENTAGENERADORES,» 21 Noviembre 2015. [En línea]. Available: <https://www.ventageneradores.net/blog/todos-los-tipos-de-motores-electricos/>. [Último acceso: 28 Diciembre 2021].
- [48] L. Penelo, «La vanguardia,» 20 Septiembre 2018. [En línea]. Available: <https://www.lavanguardia.com/comer/frutas/20180920/451861792373/tuna-fruta-nopal-beneficios-propiedades-valor-nutricional.html>. [Último acceso: 1 Febrero 2022].

8. ANEXOS

Anexos

Fibra Verde x2

Ficha Técnica

■ Descripción y Usos

Fibra Verde Scotch Brite de alto poder de limpieza para el lavado de loza, platos y cubiertos no delicados. No usar en superficies delicadas o antiadherentes. **No usar en superficies delicadas o antiadherentes.** Compatible con el uso de detergentes para vajilla y desengrasantes de limpieza.

■ Mantención

Enjuague con abundante agua después de cada uso. Mantener en espacio seco y limpio.



■ Beneficios

- El abrasivo especializado permite que sea utilizado en múltiples superficies de la cocina.
- No produce cortes ni daña las manos.
- No se desarma.
- Alta eficiencia (limpieza en menos tiempo)
- Prolongada duración.

■ Empaque y Presentaciones

Fibra Verde x2 Scotch-Brite®

SKU 3M	LN00008009-9
Código PRISA	78155
EAN	7702098200142
DUN	17702098034010
Uds/Caja	72
Medidas Producto	1,5 x 15 x 10 cms
Peso Producto	17 grs
Medidas Caja	31 x 31 x 22 cms
Peso Caja	1.600 grs



3M Chile. Centro de Atención al Consumidor ☎ 600 300 3636 ✉ atencionconsumidor@3m.com 🌐 www.3m.cl

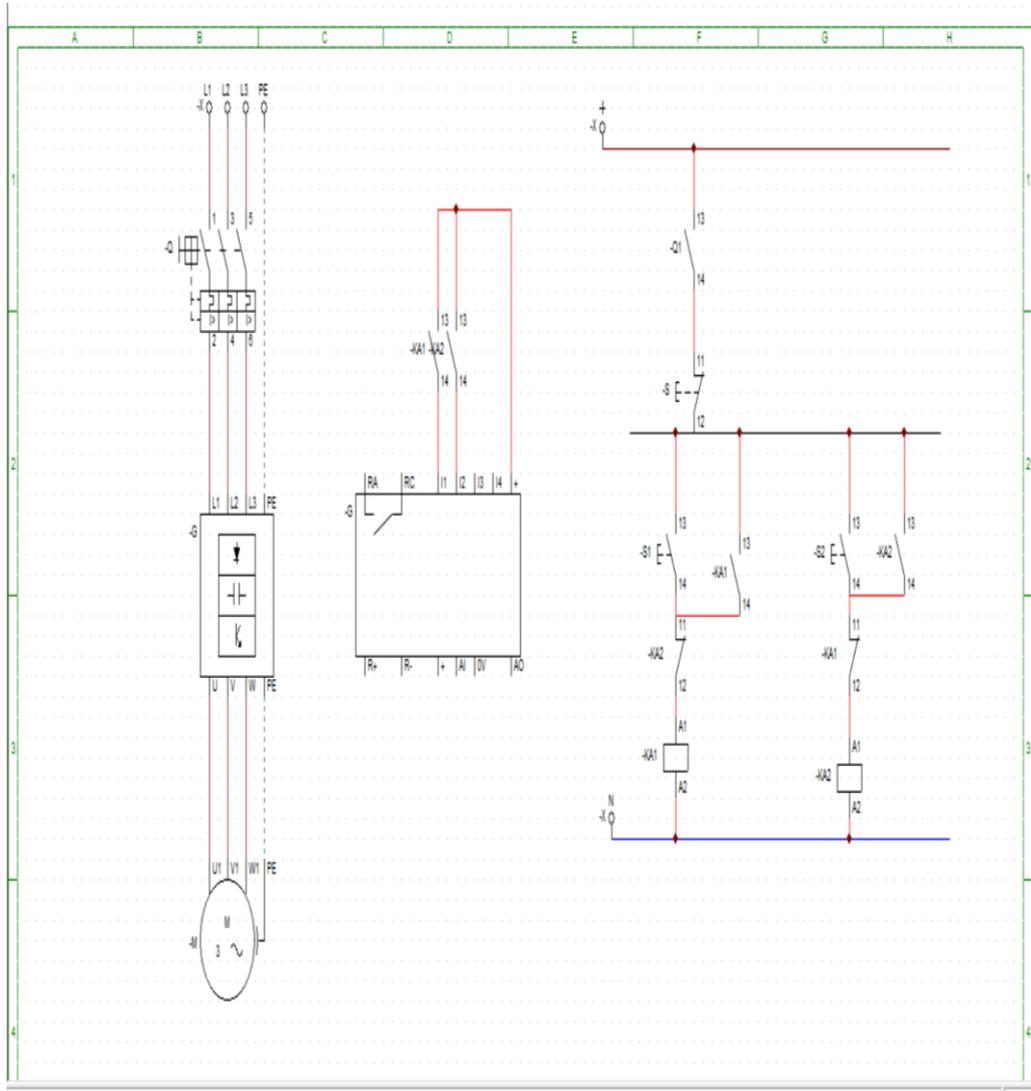


UNIVERSIDAD TÉCNICA DE
COTOPAXI

Octubre 2021 – Marzo 2022



<p>ANEXO B</p>	<p>Construcción de la máquina limpiadora y clasificadora de tuna</p>	
		
		
		
	<p>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI</p> <p>Octubre 2021 – Marzo 2022</p>	



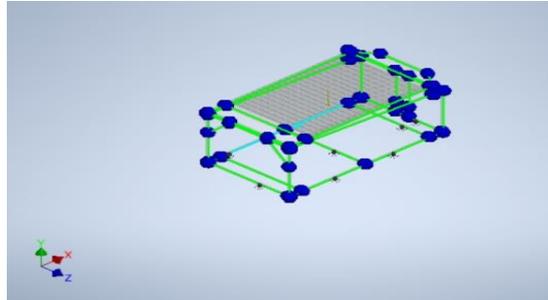


Figura D.1. Estructura de la máquina limpiadora y clasificadora de tuna.

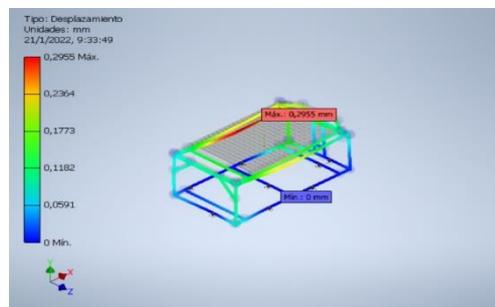


Figura D.2. Desplazamiento.

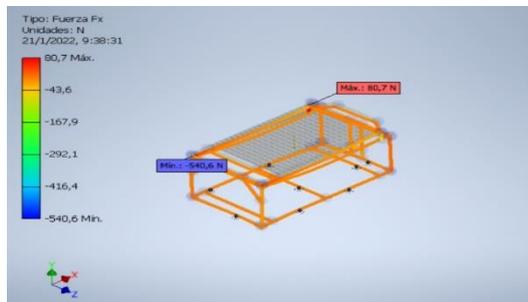


Figura D.3. Fuerzas en el eje x.



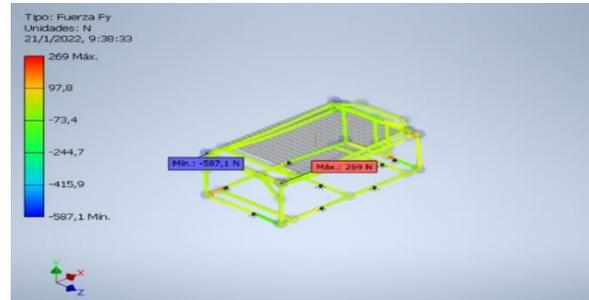


Figura D.4. Fuerzas en el eje y.

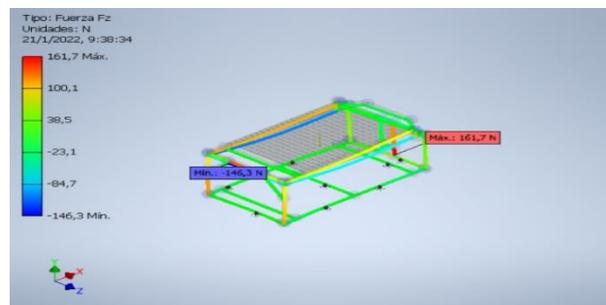


Figura D.5. Fuerzas en el eje z.

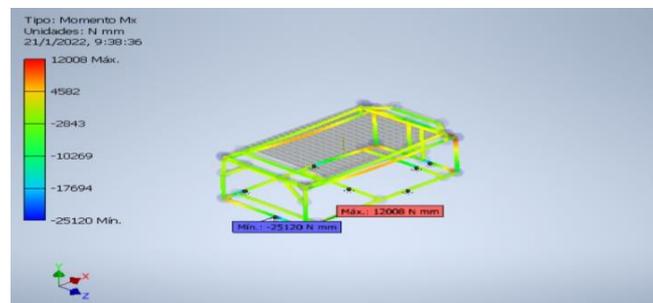


Figura D.6. Momento en el eje x.



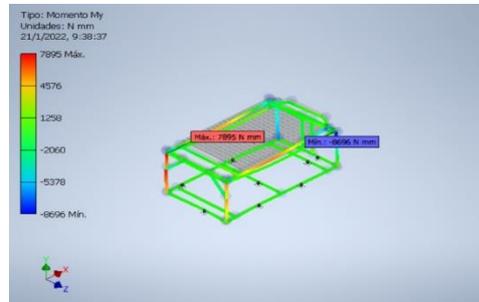


Figura D.7. Momento en el eje y.

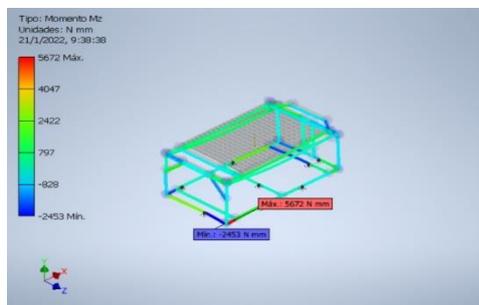


Figura D.8. Momento en el eje z.

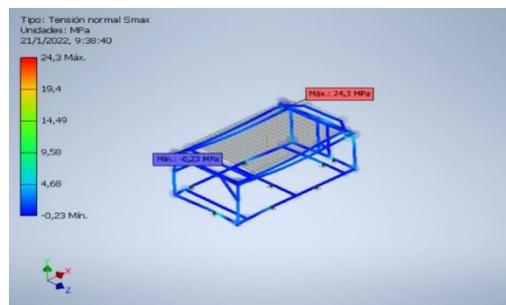
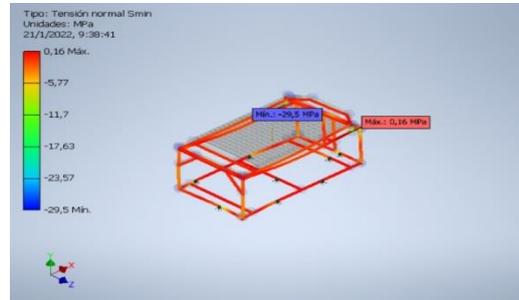
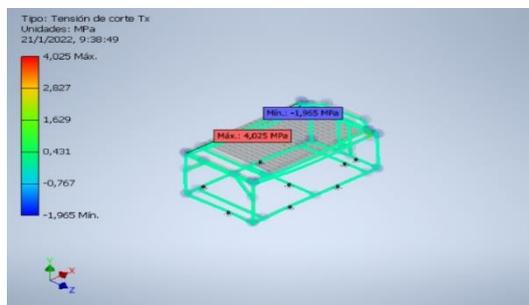
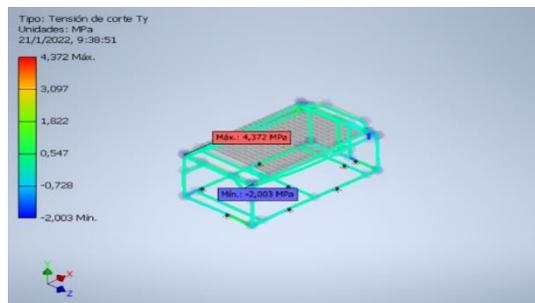


Figura D.9. Tensión máxima de la estructura.



**Figura D.10.** Tensión normal mínima.**Figura D.11.** Tensión de corte en el eje x.**Figura D.12.** Tensión de corte en el eje y.

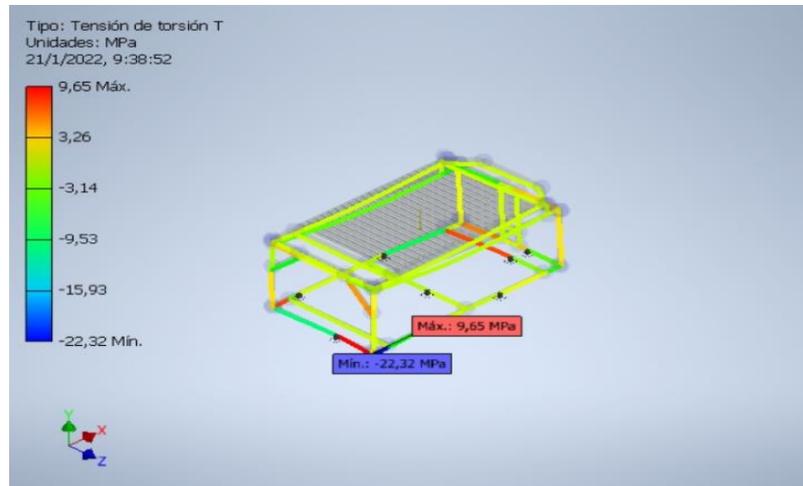


Figura D.13. Fuerza de torsión.



ANEXO E	Cargas aplicadas en la estructura											
<p>Tabla E.1. Perfiles de la estructura.</p> <table border="1" data-bbox="347 524 1321 896"> <thead> <tr> <th colspan="2" data-bbox="347 524 1321 577">Sistema estructural</th> </tr> <tr> <th data-bbox="347 577 748 631">Elementos</th> <th data-bbox="748 577 1321 631">Material utilizado</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="347 631 748 725">Estructura base</td> <td data-bbox="748 631 1321 725">Tubo cuadrado ASTM A36 de 108cm X 200cm de $1\frac{1}{4}$</td> </tr> <tr> <td data-bbox="347 725 748 801">Base de motor</td> <td data-bbox="748 725 1321 801">Placa de metal de acero inoxidable 304 de 21cm X 16cm 1,18''</td> </tr> <tr> <td data-bbox="347 801 748 896">Mesa que soporta los rodillos</td> <td data-bbox="748 801 1321 896">Tubo cuadrado ASTM A36 de 108cm x 200cm $1\frac{1}{4}$</td> </tr> </tbody> </table>			Sistema estructural		Elementos	Material utilizado	Estructura base	Tubo cuadrado ASTM A36 de 108cm X 200cm de $1\frac{1}{4}$	Base de motor	Placa de metal de acero inoxidable 304 de 21cm X 16cm 1,18''	Mesa que soporta los rodillos	Tubo cuadrado ASTM A36 de 108cm x 200cm $1\frac{1}{4}$
Sistema estructural												
Elementos	Material utilizado											
Estructura base	Tubo cuadrado ASTM A36 de 108cm X 200cm de $1\frac{1}{4}$											
Base de motor	Placa de metal de acero inoxidable 304 de 21cm X 16cm 1,18''											
Mesa que soporta los rodillos	Tubo cuadrado ASTM A36 de 108cm x 200cm $1\frac{1}{4}$											
	<p>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI</p> <p>Octubre 2021 – Marzo 2022</p>											

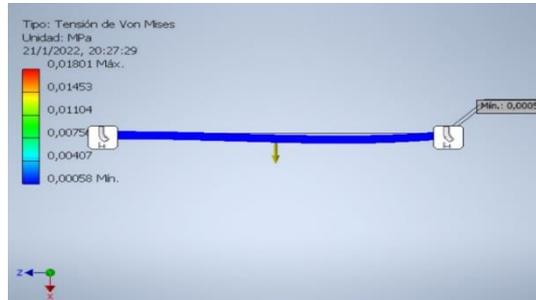


Figura F.1. Tensión de Von Mises.

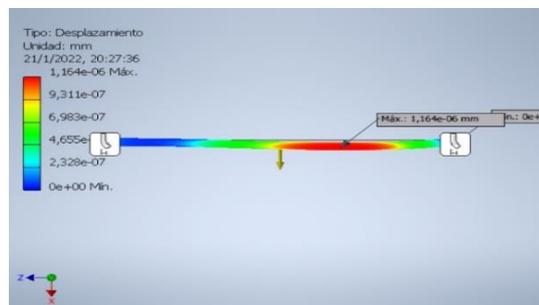


Figura F.2. Desplazamiento.

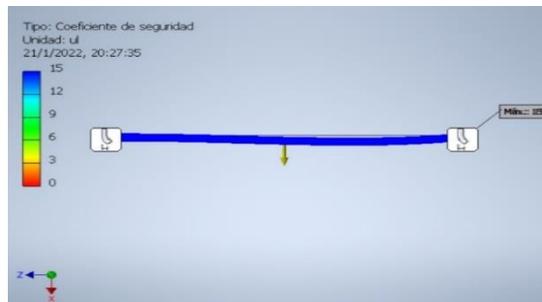


Figura F.3. Coeficiente de seguridad.



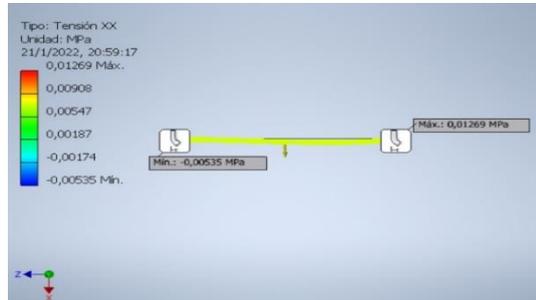


Figura F.4. Tensión en xx.

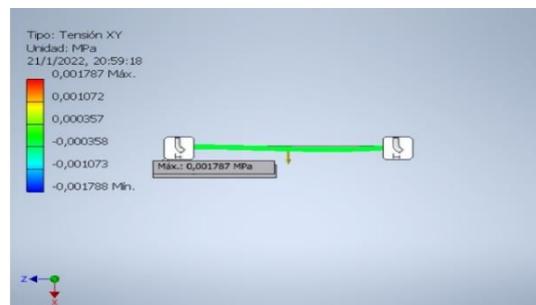


Figura F.5. Tensión en xy.

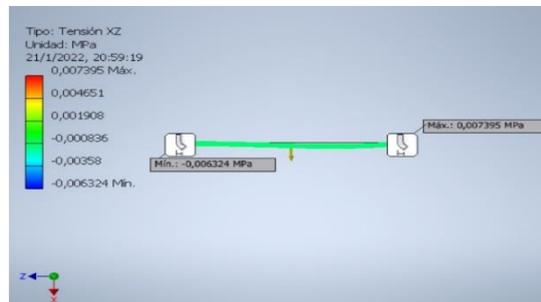


Figura F.6. Tensión en xz.



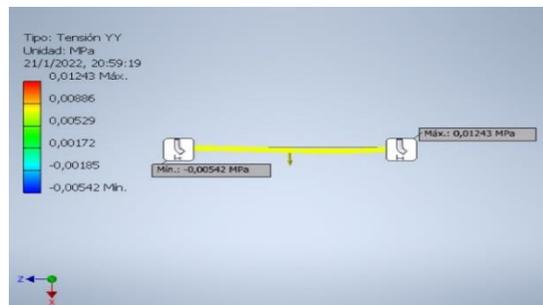


Figura F.7. Tensión en yy.

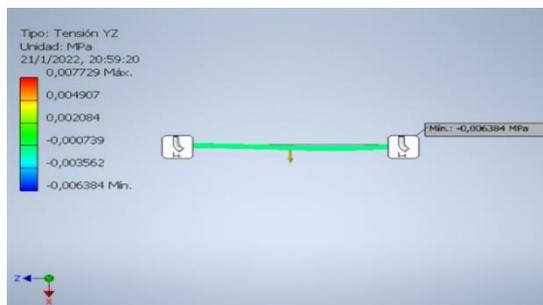


Figura F.8. Tensión en yz.

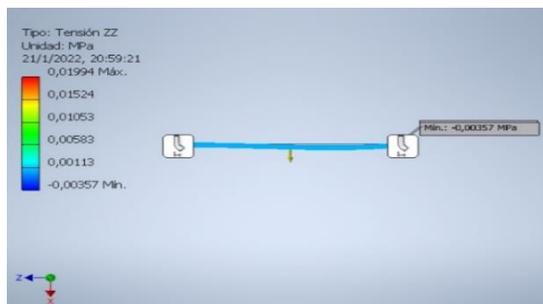


Figura F.9. Tensión en zz.



ANEXO F	Análisis de cargas en el eje	
---------	------------------------------	--

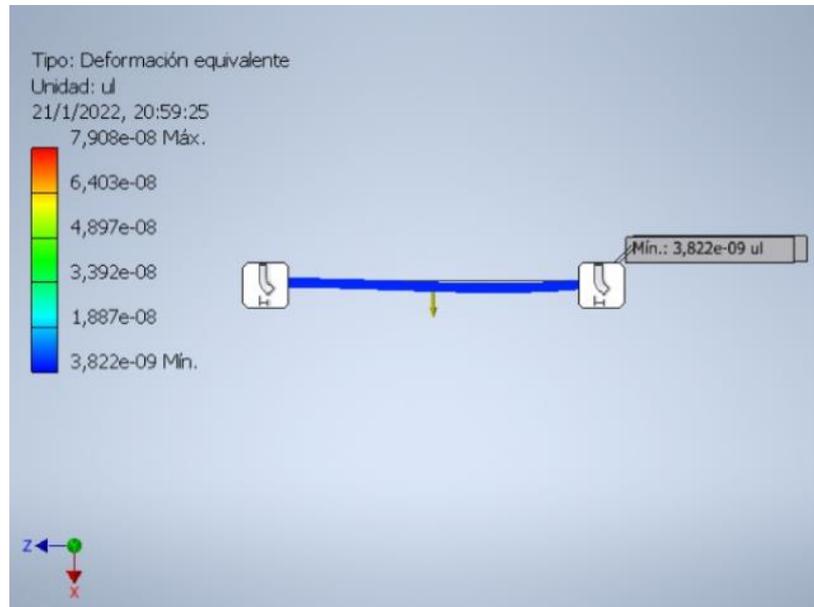


Figura F.10. Deformación equivalente.

	<p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI</p> <p style="text-align: center;">Octubre 2021 – Marzo 2022</p>	
---	---	---

ANEXO G. Manual de funcionamiento de la máquina.

Manual de funcionamiento
Máquina limpiadora y clasificadora de tuna



ADVERTENCIA



- Si no se sigue las siguientes instrucciones y advertencias pueden producirse daños personales graves, daños materiales o una incorrecta instalación.
- Antes de instalar esta máquina asegurarse que el motor y el variador se encuentre correctamente conectados, lea detenidamente las instrucciones de este manual.

Instrucciones de seguridad para el operario

Esta máquina está diseñada para limpiar cualquier tipo de tuna, es recomendable encender la máquina después de ser colocado la fruta en la mesa de limpieza. Aunque esta máquina se ha fabricado para que su funcionamiento sea fiable y seguro, resulta imposible prever todas las combinaciones de circunstancias que pueden provocar un accidente. Para un funcionamiento seguro de la máquina, se recomienda seguir las instrucciones que se indican a continuación. El operario siempre debe de tener presente que la seguridad es lo primero en cada fase de utilización de la máquina, incluido la instalación y el mantenimiento de esta unidad. Es responsabilidad del propietario, arrendatario o usuario de esta máquina garantice que todos los operarios reciban, lean y comprendan este manual y tengan toda la formación necesaria para utilizar esta máquina.

Indicaciones generales

- Lea detenidamente el manual antes de utilizar la máquina o llevar acabo su mantenimiento.
- Utilizar solo la ruta para la cual fue diseñada la máquina.
- Esta máquina está diseñada solo para limpieza de tunas.

Instalación de la máquina

Conectar el motor con el variador como se indica a continuación.



En el caso de variador los terminales del motor deben in conectados en las entradas U, V y W. los cuales se encuentran en la parte de abajo del variador.



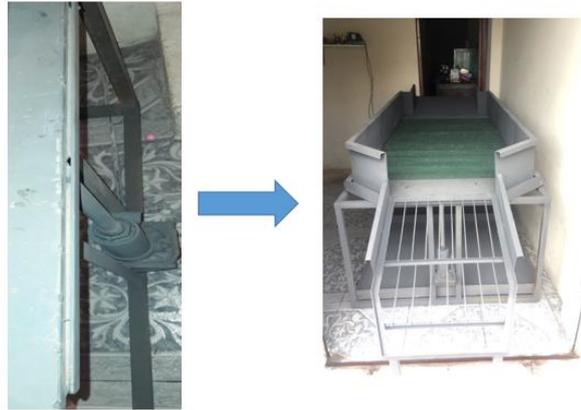
El variador de frecuencia debe ir conectado a un toma corriente de 220V, para que funcione adecuadamente. A continuación se muestra las entradas en donde deben ir los cables para la alimentación del variador.



Debe colocar la cadena en el piños que tiene el motor. A continuación se muestra como debe ser colocada.



Para la instalación de clasificador debe colocar la estructura en la ranura. A continuación se muestra la instalación.



Funcionamiento de la máquina

Después de haber realizado la instalación correctamente como se muestra anteriormente para poner en marcha se debe presionar el botón de encendido del variador y así la máquina empezara a funcionar. A continuación se muestra la imagen para poner en marcha la máquina.



Para detener la máquina se presiona el botón de stop el cual detendrá el proceso. A continuación se muestra una imagen del como detener la máquina.



Después de haber terminado de utilizar la máquina debe ser des energizada.

ANEXO H. Manual de mantenimiento de la máquina.

Manual de Mantenimiento

Máquina limpiadora y clasificadora de tuna



ADVERTENCIA



- Si no se sigue las siguientes instrucciones y advertencias pueden producirse daños personales graves, daños materiales o un incorrecto mantenimiento de la máquina.
- Antes de instalar esta máquina asegurarse que el motor y el variador se encuentre correctamente conectados, lea detenidamente las instrucciones de este manual.

Instrucciones de seguridad para el operario

Esta máquina está diseñada para limpiar cualquier tipo de tuna, es recomendable encender la máquina después de ser colocado la fruta en la mesa de limpieza. Aunque esta máquina se ha fabricado para que su funcionamiento sea fiable y seguro, resulta imposible prever todas las combinaciones de circunstancias que pueden provocar un accidente. Para un funcionamiento seguro de la máquina, se recomienda seguir las instrucciones que se indican a continuación. El operario siempre debe de tener presente que la seguridad es lo primero en cada fase de utilización de la máquina, incluido la instalación y el mantenimiento de esta unidad. Es responsabilidad del propietario, arrendatario o usuario de esta máquina garantice que todos los operarios reciban, lean y comprendan este manual y tengan toda la formación necesaria para utilizar esta máquina.

Indicaciones generales

- Lea detenidamente el manual antes de utilizar la máquina o llevar acabo su mantenimiento.
- Utilizar solo la fruta para la cual fue diseñada la máquina.
- Esta máquina está diseñada solo para limpieza de tunas.

Mantenimiento de la máquina limpiadora y clasificadora de tunas

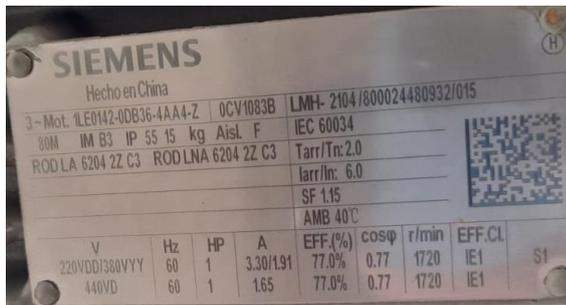
Desconectar el mecanismo de la energía eléctrica para evitar el movimiento inesperado de la máquina.



En caso de iniciar el mantenimiento por el variador de frecuencia tener en cuenta el manual para su programación.



El mantenimiento en el motor debe estar desenergizado y desconectado del motor así tomando en cuenta la información de la placa del motor



Así también retirar la cadena en el piñón que tiene el motor.



Mantenimiento de los rodillos

El cuerpo de los rodillos difícilmente sería reemplazados por la razón de que son de acero un material resistente el material que usualmente sería reemplazado sería la fibra verde a continuación una ilustración de sus componentes

Cuerpo de acero A36



Recubrimiento de fibra verde



Eje de acero negro

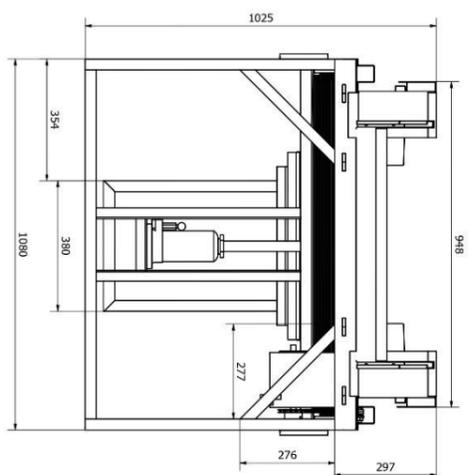
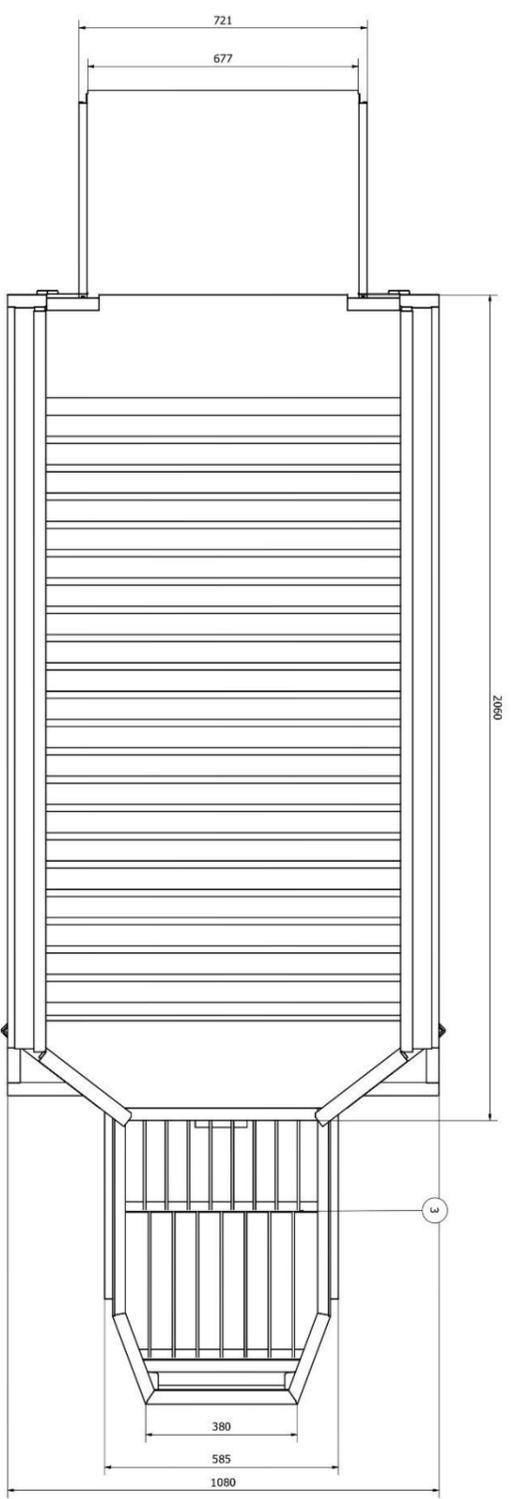
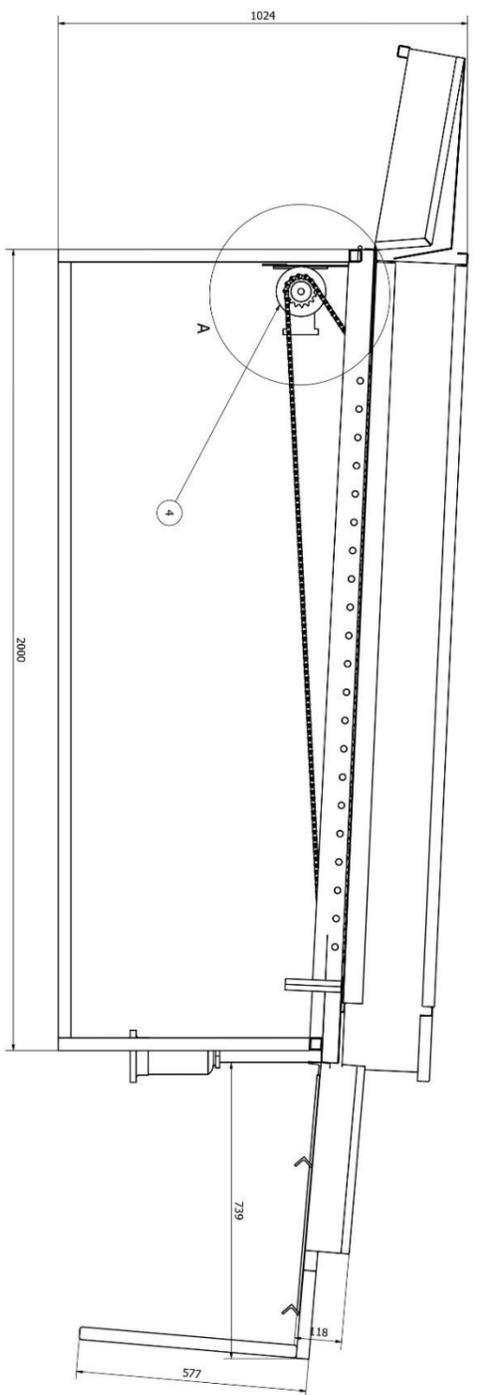
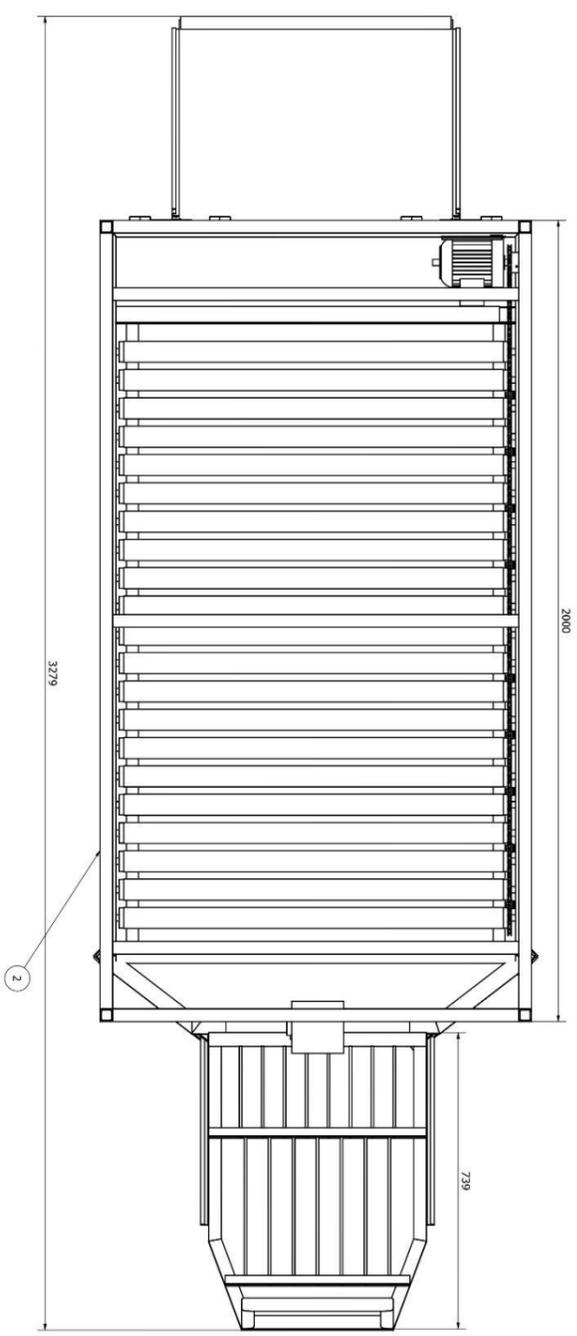
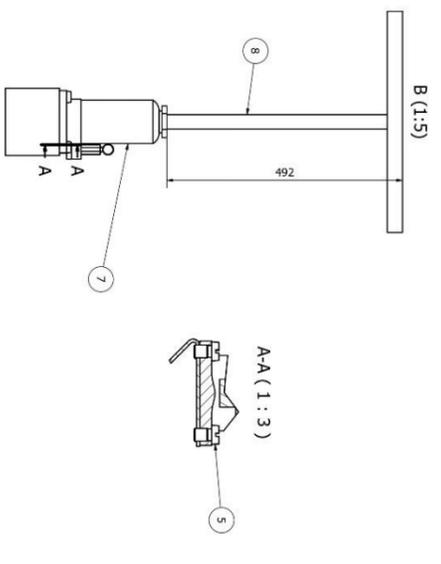
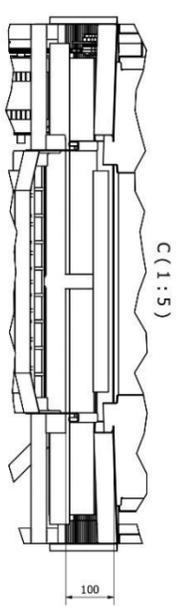
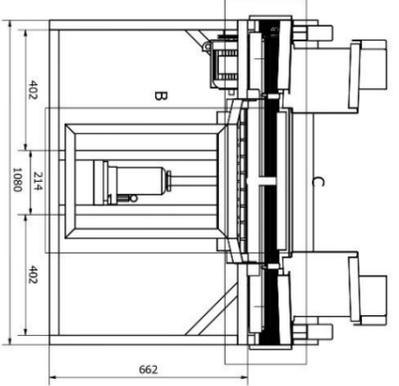
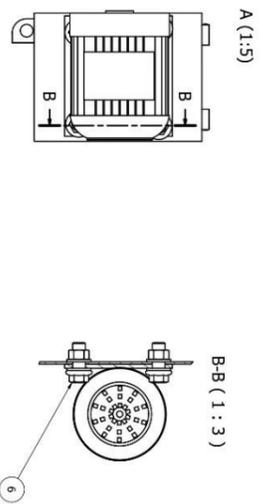


ANEXO I. Manual de funcionamiento del variador de frecuencia siemens sinamic v20.

https://cache.industry.siemens.com/dl/files/829/67274829/att_106716/v1/v20_operating_instructions_es-ES_es-ES.pdf

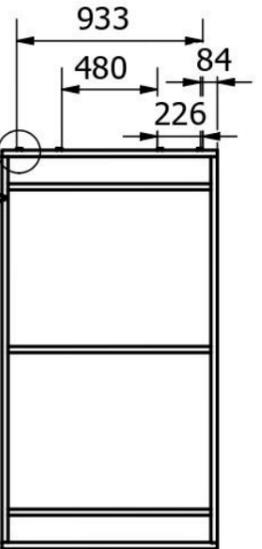
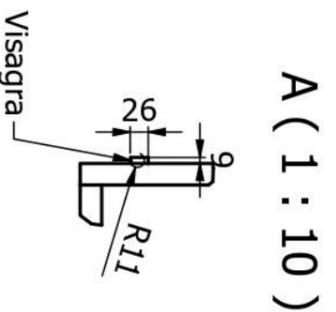
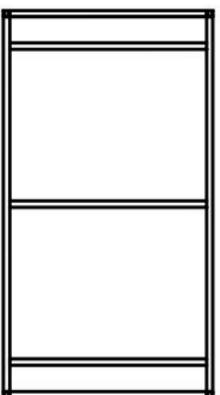
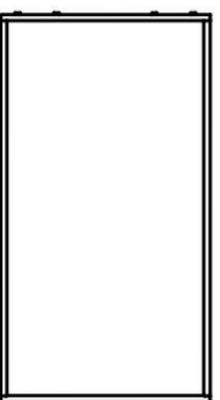
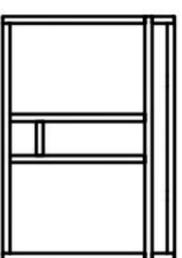
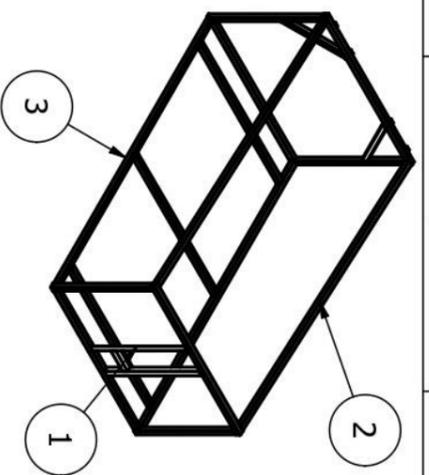
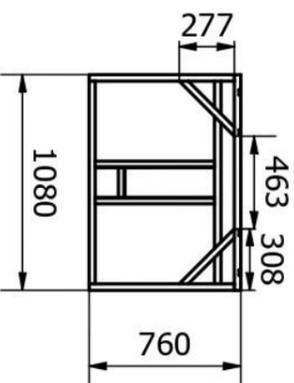
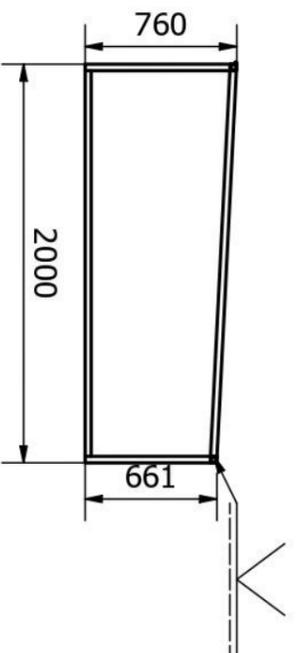
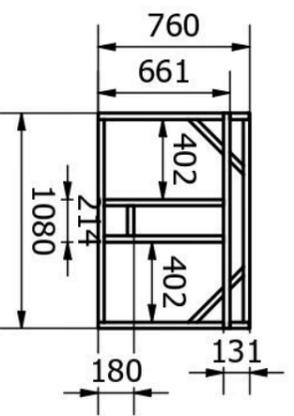
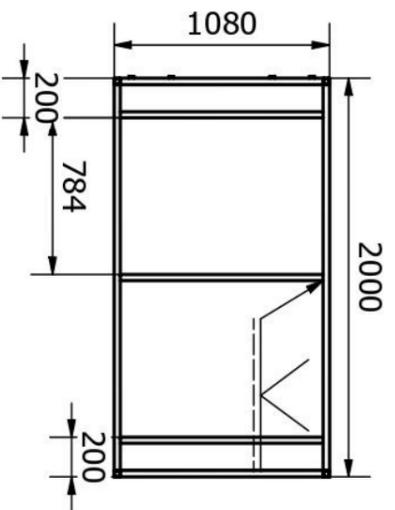
ANEXO J. Planos.

Planos



ELEMENTO	CIDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCION
4	1	Motor trifásico de 1hp	Pernos para fijar la gata hidráulica
5	4	CSN Q2 1131 B M16 x 22:1	Pernos para sujetar el motor
6	4	Bolt GB/T 1667/4 M16x 1,5x 35	
7	1	Gata Hidráulica	
8	1	VástagoCilindrohidráulico	

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
 Facultad: Ingeniería A.
 Carrera: Mecánica
 Proyecto: Máquina Impulsora clasificadora de tuna
 Fecha: 13/05/2024
 Escala: 1:1
 Tolerancia: 0.1 mm
 Nombre: UTC-MT-001

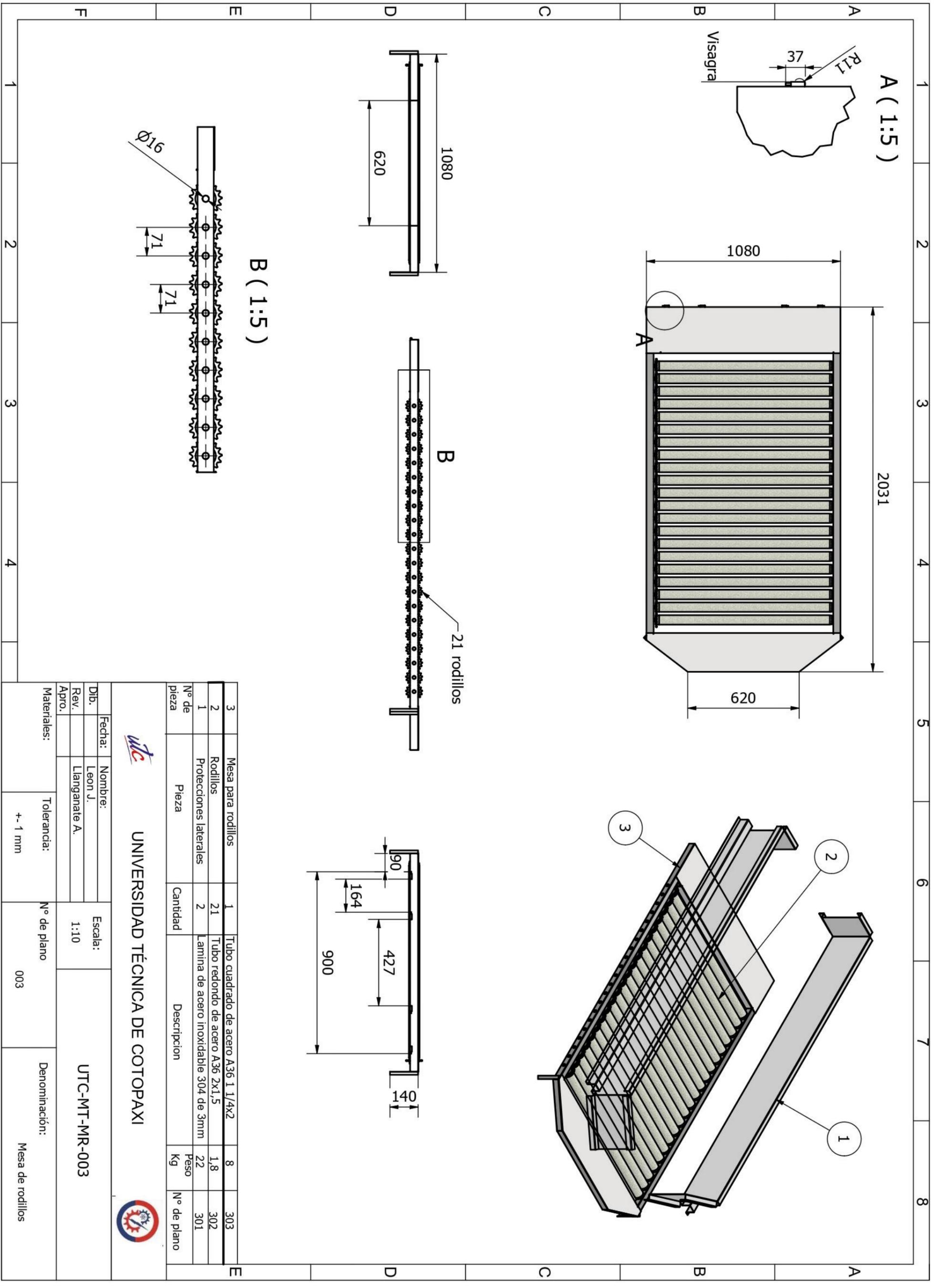


Nota: todos los puntos de soldadura son con electrodo E-6011

Nº de pieza	Material	Cantidad	Descripción	Peso Kg	Nº de plano
1	Tubo de acero A36	1	Tubo cuadrado ASTM A-513 de 1 1/4" x 1	20	002

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

Fecha:		Nombre:	
Dib. Leon J.		Escala: 1:10	
Rev. Llanganate A.		Nº de plano: 002	
Apro.		Denominación: Estructura	
Materiales:		Tolerancia: +- 1 mm	

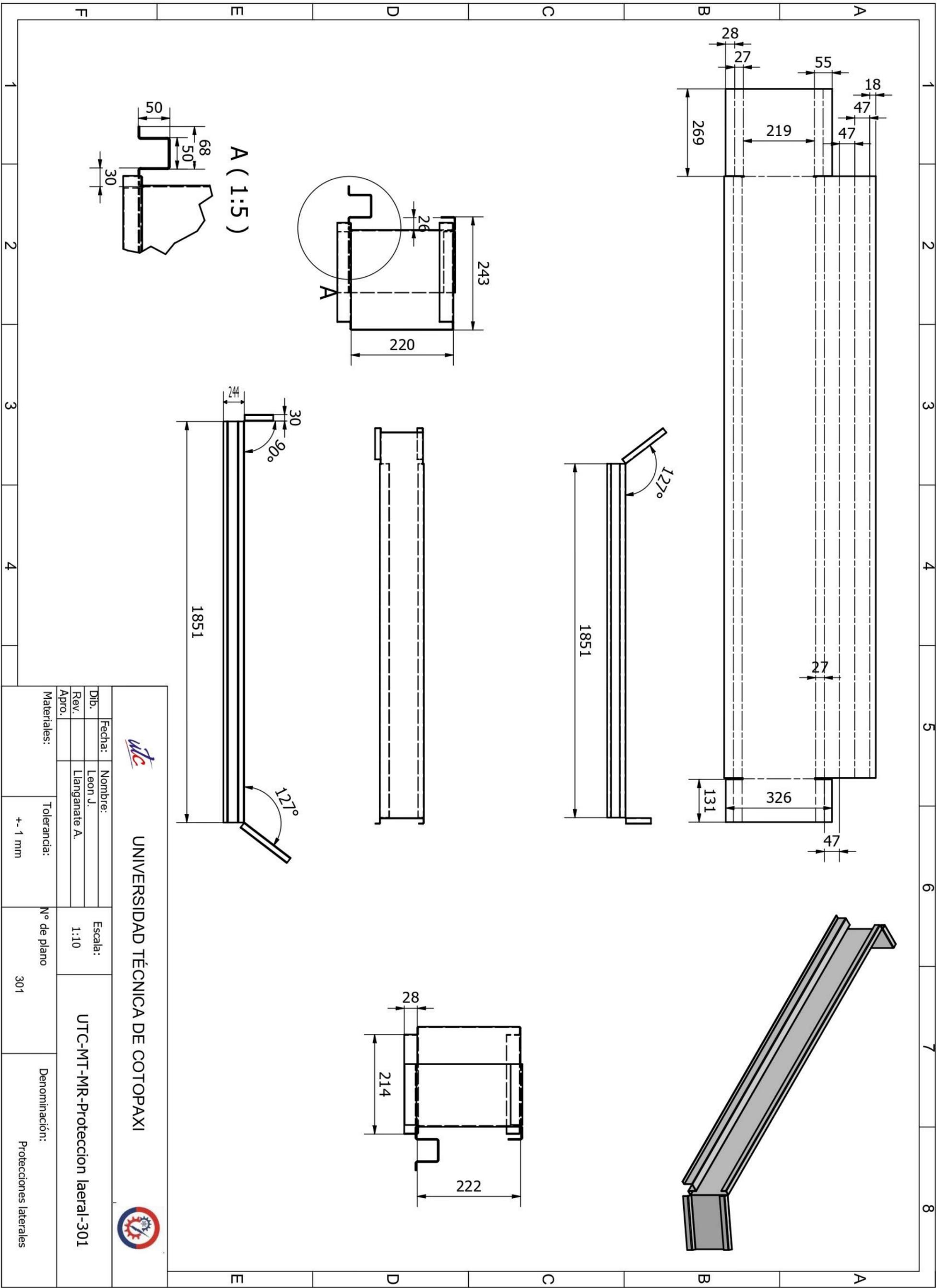


Nº de pieza	Pieza	Cantidad	Descripcion	Peso Kg	Nº de plano
3	Mesa para rodillos	1	Tubo cuadrado de acero A36 1 1/4x2	8	303
2	Rodillos	21	Tubo redondo de acero A36 2x1,5	1,8	302
1	Protecciones laterales	2	Lamina de acero inoxidable 304 de 3mm	22	301


UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

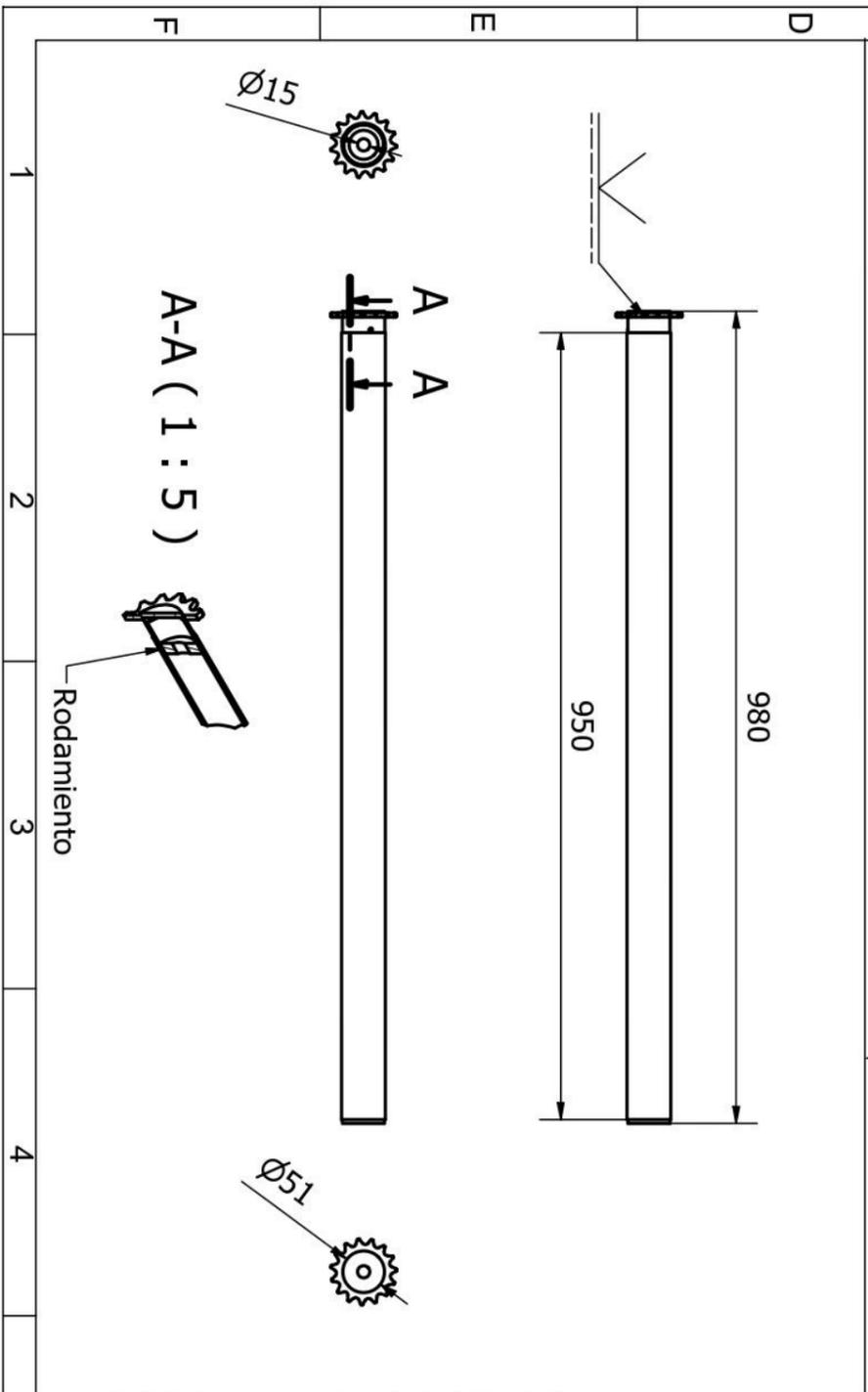
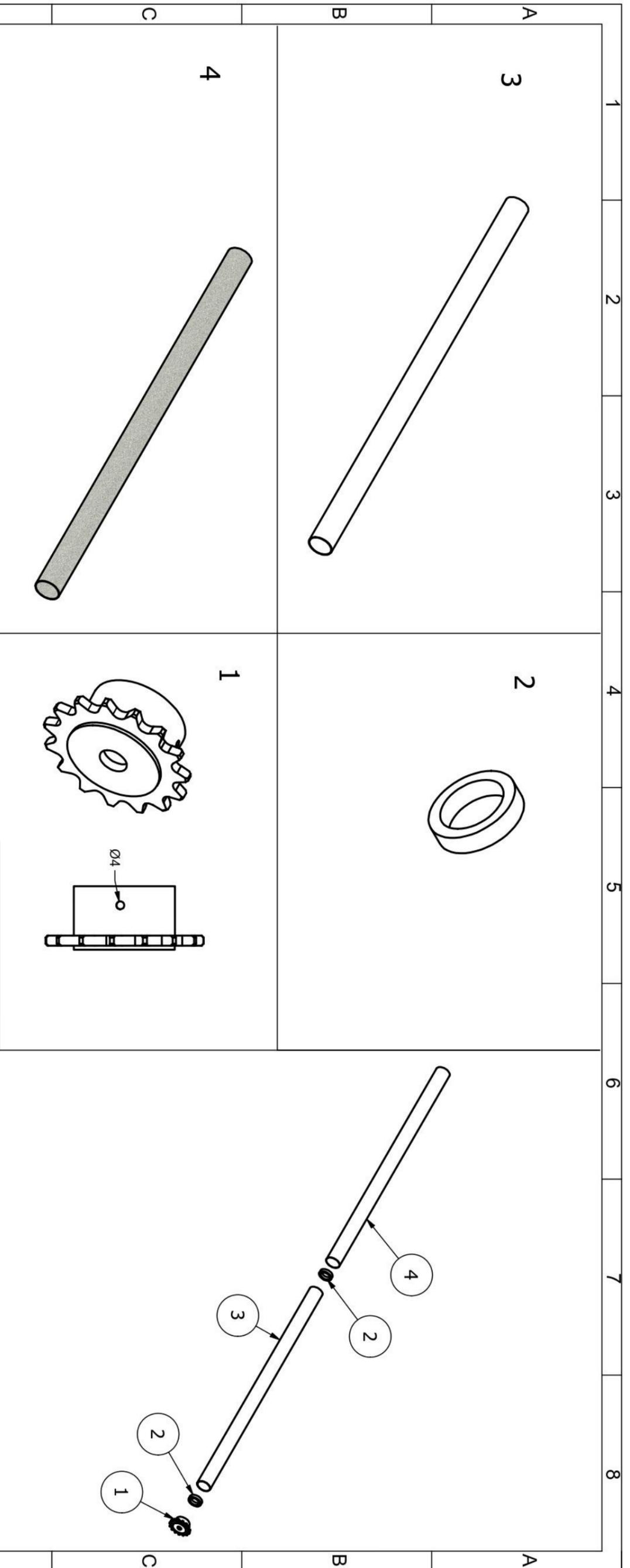

Fecha:		Nombre:		Escala:		Nº de plano		Denominación:	
Dib. Leon J.		Llanganate A.		1:10		003		Mesa de rodillos	
Rev.		Apro.		Materiales:		Tolerancia:		+ - 1 mm	

UTC-MT-MR-003



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

			
Fecha:	Nombre:	Escala:	UTC-MT-MR-Proteccion lateral-301
Dib. Leon J.	Llanganate A.	1:10	
Rev.			
Apr.			
Materiales:		Tolerancia:	Denominación: Protecciones laterales
		+ - 1 mm	
		Nº de plano	301



Nota: para sujetar el piñon con el tubo se utilizan 4 pernos de acero PG025050 3/16*1/2

Nº de pieza	Descripción	Cantidad	Descripción	Peso Kg	Nº de plano
4	Recubrimiento del rodillo	21	Fibra nylon espuma de poliuretano	0,5	
3	Tubo redondo	21	Tubo redondo A36 2*1,5	1,5	
2	Rodamiento	42	Rodamiento De Bolas 688zz	0,7	
1	Piñon	21	Piñon de acero 16 dientes, paso 30, Ø 51	0,9	

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

Fecha:	Nombre:	Escala:	Nº de plano	Denominación:
	Leon J. Llanganate A.	1:10	302	Rodillo
Dib.:				
Rev.:				
Apr.:				
Materiales:	Tolerancia:			
	+ - 1 mm			

A-A (1 : 5)

Rodamiento

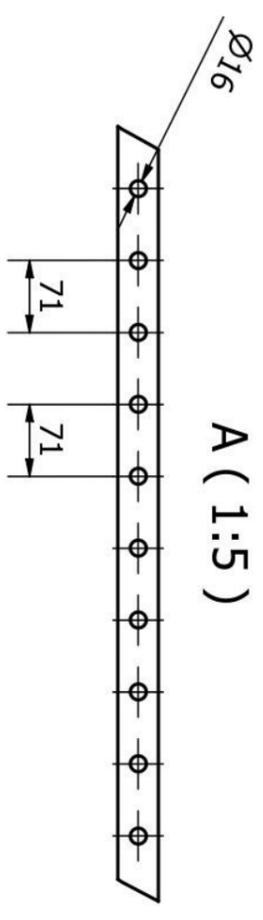
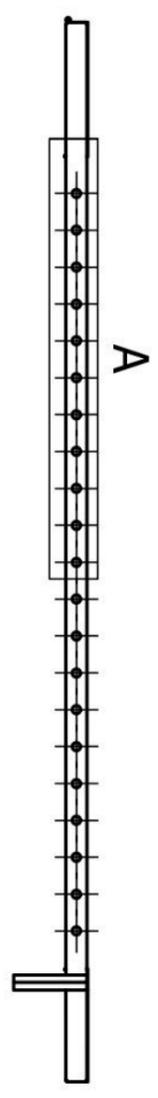
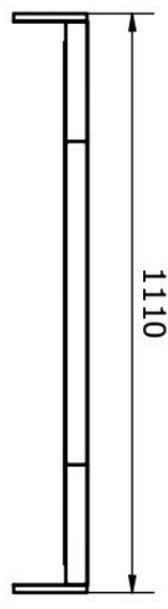
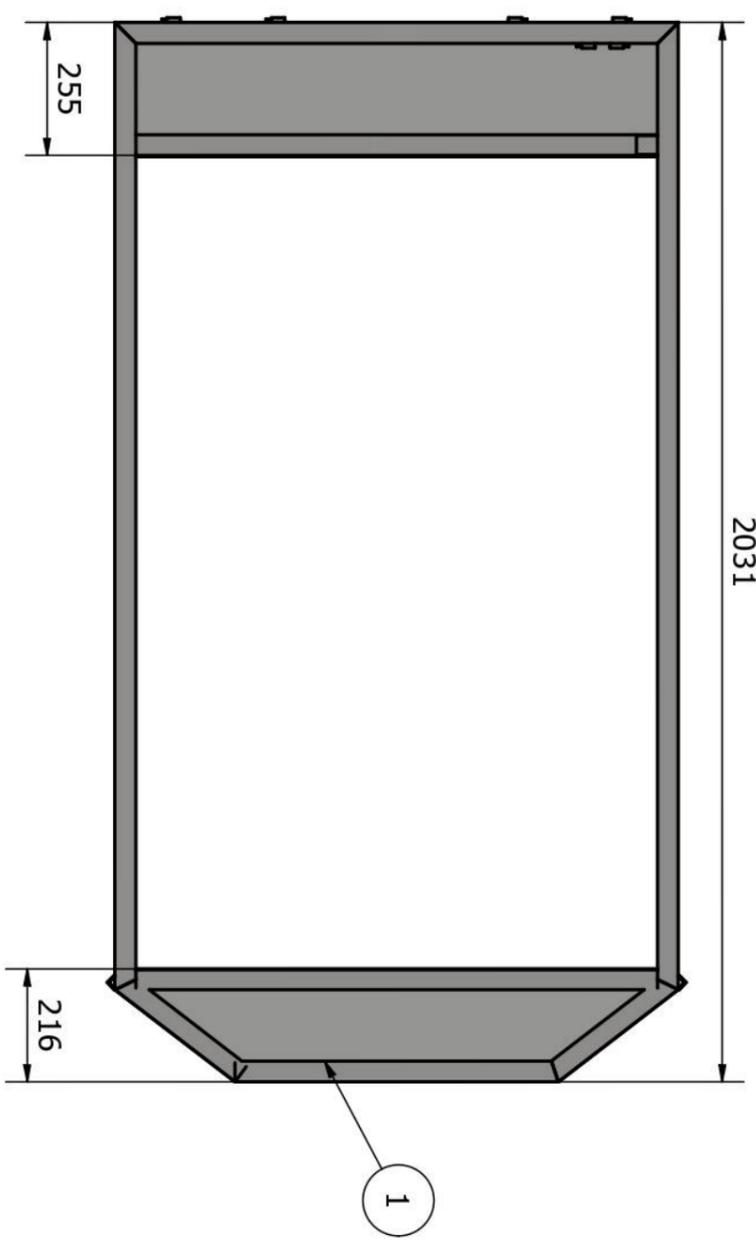
Ø15

Ø51

950

980

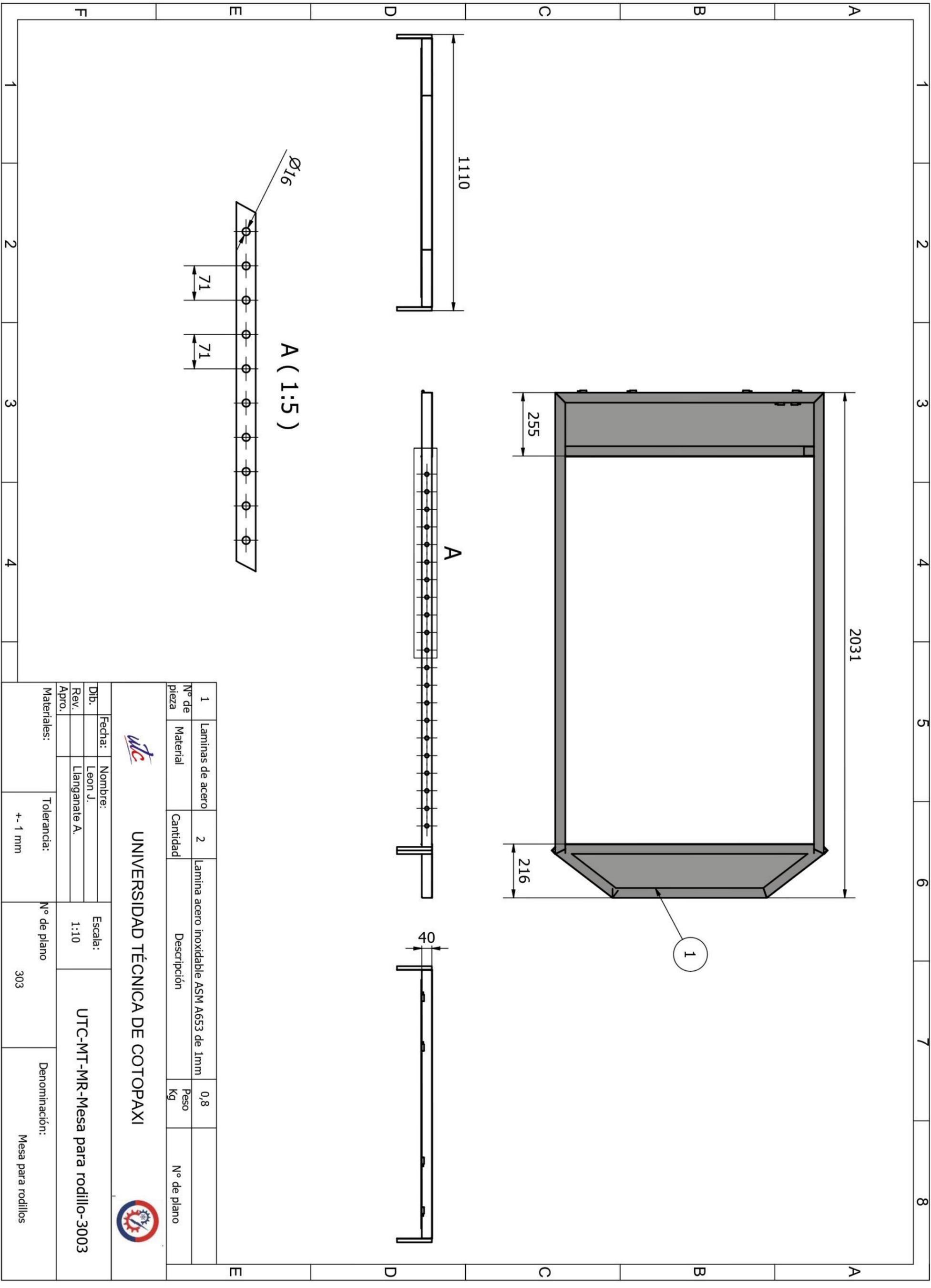
Ø4

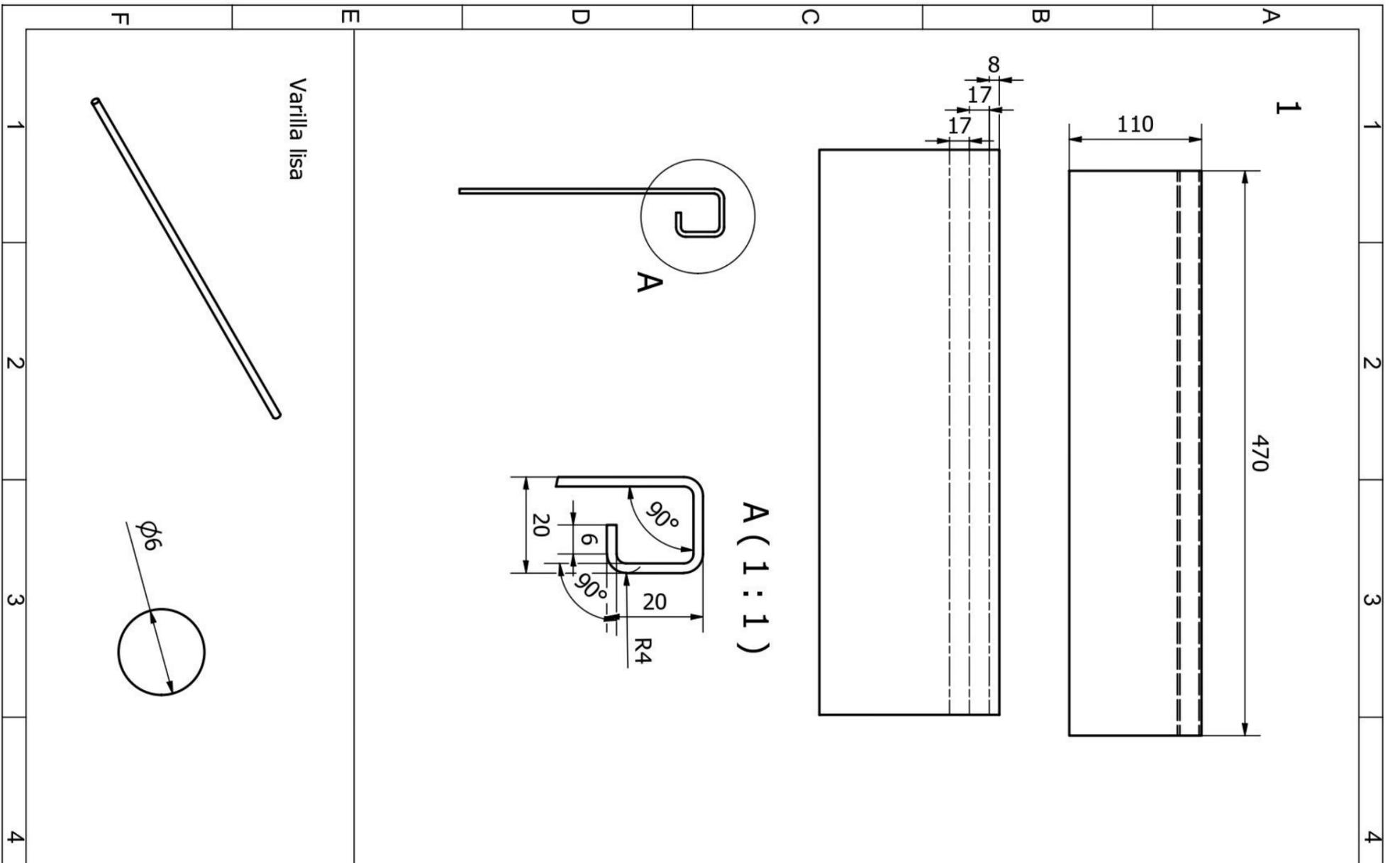


N° de pieza	Material	Cantidad	Descripción	Peso Kg	N° de plano
1	Laminas de acero	2	Lamina acero inoxidable ASM A653 de 1mm	0,8	

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

Fecha:		Nombre:	
Dib. Leon J.		Escala: 1:10	
Rev. Llanganate A.		N° de plano: 303	
Apro.		Denominación: Mesa para rodillos	
Materiales:		Tolerancia: +- 1 mm	





Varilla lisa

$\phi 6$

A (1:1)

1
470

110

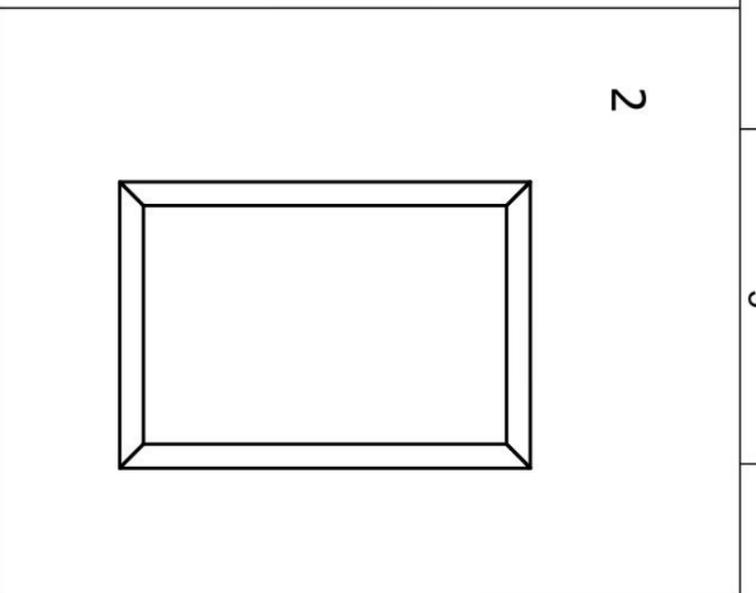
8
17
17

A

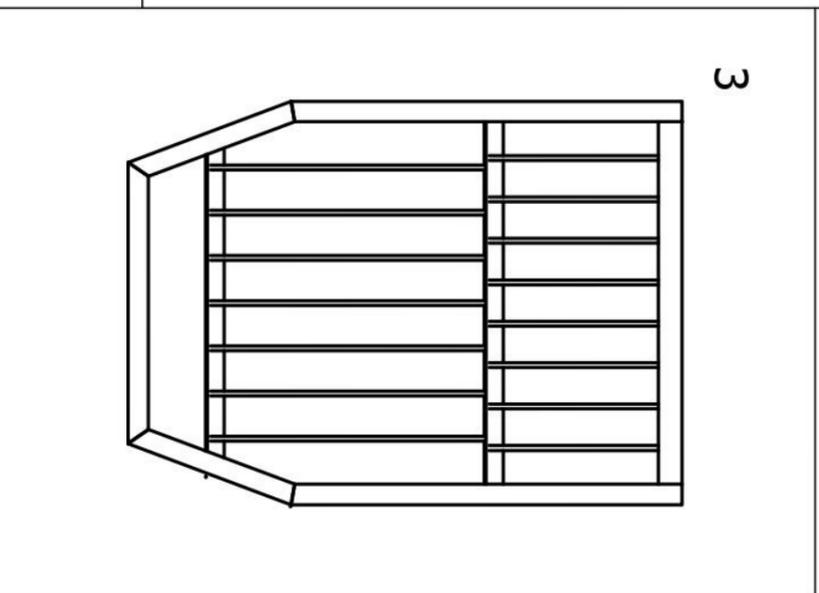
90°
20
6
90°
R4

1 2 3 4

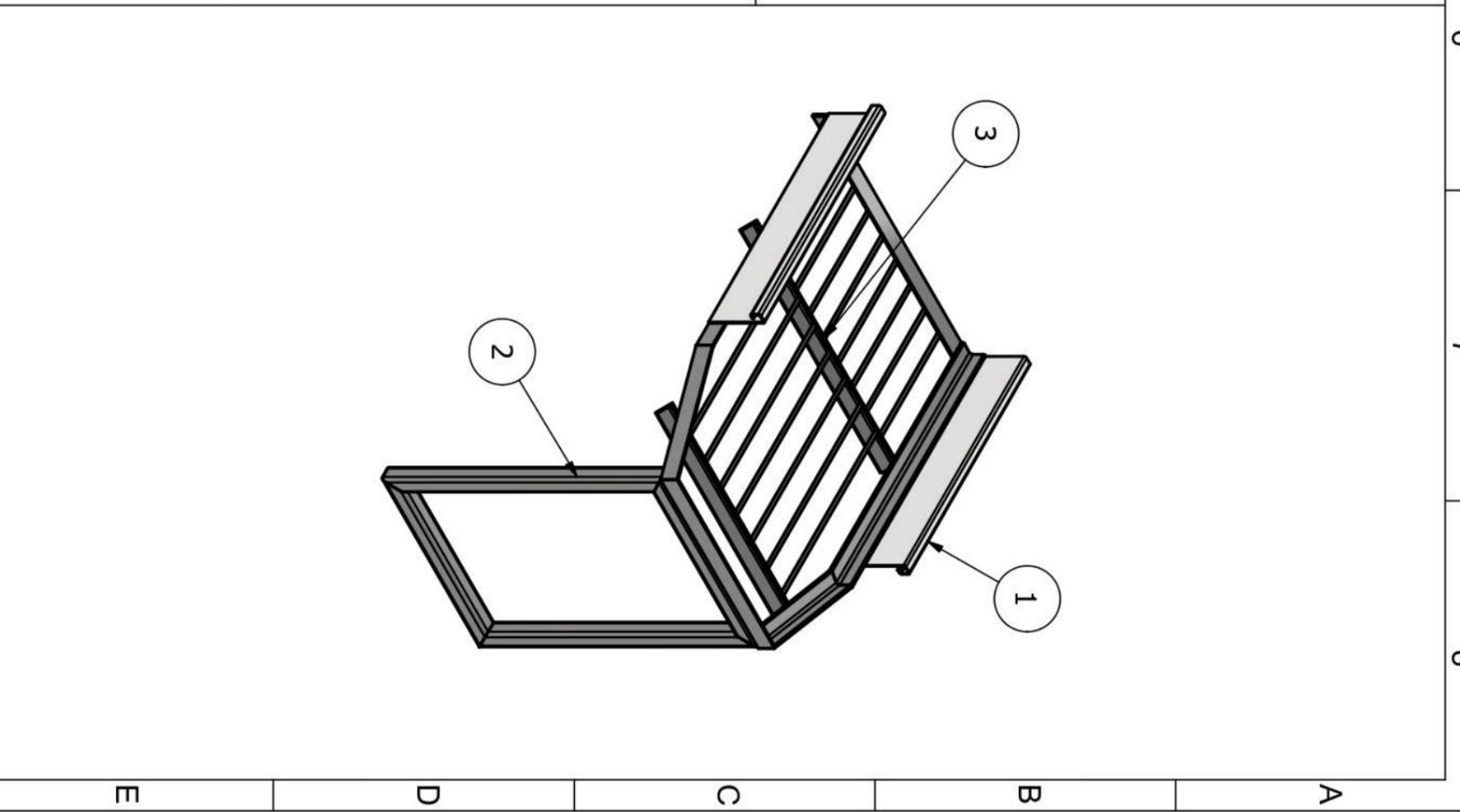
1 2 3 4 5 6 7 8



2



3



3

2

1

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI 		Fecha: _____		Nombre: _____	
Dib. Leon J.		Escala: 1:10		UTC-MT-CL-Partes de la clasificadora-401	
Rev. Llanganate A.		No de plano 401		Denominación: Partes de la clasificadora	
Apro. _____		Tolerancia: +- 1 mm		Materiales: _____	