



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

PROPUESTA TECNOLÓGICA

**“DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA MÁQUINA CLASIFICADORA DE
TOMATE DE RIÑÓN PARA LOS PRODUCTORES DEL SECTOR DE
PATAÍN PERTENECIENTE A LA PARROQUIA PANZALEO DE LA
PROVINCIA DE COTOPAXI”**

Autor:

Espín Bautista Lenin Mauricio

Palomo Astudillo Henry David

Tutor:

Ing. Ms.C. Navarrete López Luis Miguel

Latacunga – Ecuador

Septiembre – 2020



DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, Espín Bautista Lenin Mauricio y Palomo Astudillo Henry David declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: **“DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA MÁQUINA CLASIFICADORA DE TOMATE DE RIÑÓN PARA LOS PRODUCTORES DEL SECTOR DE PATAÍN PERTENECIENTE A LA PARROQUIA PANZALEO DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI”**. siendo Ing. Ms.C. Navarrete López Luis Miguel tutor del presente Trabajo; y eximimos 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 el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Espín Bautista Lenin Mauricio
C.C.050329904-2

Palomo Astudillo Henry David
C.C. 050410938-0



AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

“DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA MÁQUINA CLASIFICADORA DE TOMATE DE RIÑÓN PARA LOS PRODUCTORES DEL SECTOR DE PATAÍN PERTENECIENTE A LA PARROQUIA PANZALEO DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI”, de los ponentes: Espín Bautista Lenin Mauricio y Palomo Astudillo Henry David, de la carrera de Ingeniería en 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 de 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.

Ing. Ms.C. Navarrete López Luis Miguel
C.C. 1803747284



APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, los postulantes: Espín Bautista Lenin Mauricio y Palomo Astudillo Henry David con el título de Proyecto de titulación: “DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA MÁQUINA CLASIFICADORA DE TOMATE DE RIÑÓN PARA LOS PRODUCTORES DEL SECTOR DE PATAÍN PERTENECIENTE A LA PARROQUIA PANZALEO DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI”, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

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

Para constancia firman:

Lector 1 (Presidente)

Ing. Torres Tamayo Enrique, Ph.D
C.C. 175712194-0

Lector 2

Ing. Porras Reyes Jefferson Alberto, Ms.C.
C.C. 070440044-9

Lector 3

Ing. Freire Andrade Verónica Paulina, Ms.C
C.C. 050259517-6



AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, a mi madre, amigos y todos mis familiares cercanos, por ser el apoyo y un pilar fundamental en aquellos momentos de dificultad y de debilidad en toda mi vida.

A nuestra alma mater, Universidad Técnica de Cotopaxi por abrirme las puertas de sus instalaciones, para formarme con docentes de calidad y calidez me llevo los mejores años de mi vida gracias a esta noble y prestigiosa institución. Además, quiero agradecer a mi Tutor de tesis por su aporte en el trayecto de este trabajo y todos quienes hicieron lo posible para mi formación, gracias por apoyar y creer en esta generación de nuevos profesionales.

Lenin Espín B.



AGRADECIMIENTO

A Dios, por sembrar en mis sentimientos de paz y alimentarme cada día de pensamiento positivo para proyectar mi humildad al mundo.

A mi madre, Julia; y mi padre, Carlos, de quienes recibo siempre apoyo sincero y han estado para darme una voz de aliento en los momentos difíciles.

También, mi agradecimiento a la Universidad Técnica de Cotopaxi, a los docentes quienes con la enseñanza de los valiosos conocimientos hicieron que pueda crecer día a día como un profesional.

Henry Palomo.



DEDICATORIA

Me llena de alegría el hecho de culminar mi carrera universitaria y dedicar este trabajo final con mucho cariño para mi madre Bélgica, ella es la mujer más importante en mi vida ha estado a mi lado incondicionalmente, me inspira ser una mejor persona, siendo muy paciente para ver que hoy mi meta se realice y sé que este triunfo también lo es de ella porque me apoyo de una u otra manera en el transcurso de este proceso académico. También dedico este trabajo a mis queridos abuelitos por sus palabras de aliento y su apoyo moral a lo largo de este tiempo.

Lenin Espín B.



DEDICATORIA

A mis Padres, por su apoyo incondicional por estar presente en todo momento cuando lo he necesitado gracias por sus consejos los cuales me han permitido cumplir un sueño anhelado el de ser profesional.

A mis Hermanos por sus palabras de motivación, apoyo constante y por compartir junto a mi sus enseñanzas y mis logros en estos años.

Henry Palomo.

ÍNDICE GENERAL

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN.....	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
DEDICATORIA	vii
DEDICATORIA	viii
ÍNDICE GENERAL.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
RESUMEN	xv
ABSTRACT.....	xvi
AVAL DE TRADUCCION	xvii
1. INFORMACIÓN BÁSICA	1
2. DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA.....	3
2.1. TÍTULO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA.....	3
2.2. TIPO DE ALCANCE.....	3
2.3. ÁREA DEL CONOCIMIENTO:	3
2.4. SINOPSIS DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA.....	3
2.5. OBJETO DE ESTUDIO Y CAMPO DE ACCIÓN	3
2.5.1. Objeto de estudio.....	3
2.5.2. Campo de acción	4
2.6. SITUACIÓN PROBLÉMICA Y PROBLEMA	4
2.6.1. Situación problemática:	4
2.6.2. Problema	4
2.7. HIPÓTESIS O FORMULACIÓN DE PREGUNTA CIENTÍFICA.....	5
2.8. OBJETIVO(S).....	5
2.8.1. Objetivo general	5
2.8.2. Objetivos específicos.....	5
2.9. DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES Y TAREAS PROPUESTAS CON LOS OBJETIVOS ESTABLECIDOS	6
3. MARCO TEÓRICO	7
3.1. Antecedentes	7
3.2. Fundamentación teórica.....	8
3.2.1. Tomate riñón	8
3.2.2. Producción de tomate riñón en Ecuador	10
3.2.3. Tipos de máquinas clasificadoras	14

3.2.4.	Partes de una máquina clasificadora con rodillos según estaciones	17
3.2.5.	Materiales comunes utilizados en una máquina clasificadora con rodillos por estaciones	19
4.	METODOLOGÍA	21
4.1.	Definición.....	21
4.2.	Estructura funcional	21
4.3.	Matriz de operacionalización de variables	22
4.4.	Diseño dimensional	22
4.4.1.	Selección del tipo de máquina	22
4.4.2.	Selección del sistema de transmisión.....	25
4.4.3.	Selección de materiales a emplear en los ejes guías.	26
4.4.4.	Dimensionamiento de elementos	28
4.4.4.1.	Dimensionado de la tolva primaria	28
4.4.4.2.	Diseño de los rodillos	28
4.4.4.3.	Validación del eje seleccionado.....	29
4.4.4.4.	Deflexión de la varilla seleccionada	30
4.4.4.5.	Dimensionamiento de la catalina y cadena	31
4.4.4.6.	Potencia requerida	32
5.	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	33
5.1.	Introducción	33
5.2.	Especificaciones de la máquina	33
5.3.	Dimensionamiento de la clasificadora de tomate.....	34
5.3.1.	Capacidad de la máquina clasificadora	34
5.3.2.	Dimensionado de la tolva	34
5.3.3.	Diseño de los rodillos	36
5.3.3.1.	Peso a aplicar	36
5.3.3.2.	Diámetro de la varilla	37
5.3.3.3.	Validación de la varilla seleccionada.....	39
5.3.3.4.	Deflexión de la varilla seleccionada (Acero AISI 1018).....	41
5.3.3.5.	Carga mínima requerida en la varilla	41
5.3.3.6.	Dimensionamiento de la catalina y cadena	42
5.3.3.7.	Velocidad angular.....	43
5.3.3.8.	Diseño del eje guía superior	43
5.3.3.9.	Validación del eje guía superior	45
5.3.3.10.	Diseño del eje guía inferior.....	46
5.3.3.11.	Validación del eje guía inferior	48
5.3.3.12.	Diseño de la transmisión de movimiento.....	49
5.4.	Validación por el método de elementos finitos FEM.....	50
5.4.1.	Validación por el método de elementos finitos del eje guía superior	51
5.4.2.	Validación por el método de elementos finitos del eje guía inferior	53

z	¡Error! Marcador no definido.
5.4.3. Validación por el método de elementos finitos del rodillo.....	55
5.4.4. Validación por el método de elementos finitos de la estructura	57
6. PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE IMPACTO.....	65
6.1. Presupuesto	65
6.1.1. Costos directos	65
6.1.2. Costos indirectos	66
6.1.3. Presupuesto total.....	67
6.2. Impactos	67
6.2.1. Impacto práctico:.....	67
6.2.2. Impacto tecnológico	67
6.2.3. Beneficios:.....	68
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	69
7.1. Conclusiones	69
7.2. Recomendaciones.....	69
Bibliografía	71
ANEXOS	73

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1. Descripción de las actividades y tareas propuestas con los objetivos establecidos.	6
Tabla 3-1: Clasificación del tomate en función de su tamaño.....	10
Tabla 3-2: Características de producción del tomate riñón.....	13
Tabla 4-1. Operacionalización de variables.....	22
Tabla 4-2. Evaluación de los criterios según el tipo de máquina	24
Tabla 4-3: Evaluación de los criterios a utilizar en el sistema de transmisión a utilizar.....	26
Tabla 4-4: Evaluación de los criterios a seleccionar de los materiales a emplear en los ejes guías.....	27
Tabla 5-1: Parámetros del Factor de Modificación	39
Tabla 5-2: Efectos de temperatura de operación	39
Tabla 5-3: Factor de modificación de confiabilidad.....	39
Tabla 5-4: Coeficiente de resistencia a la rodadura.....	41
Tabla 5-5: Tabla de las cargas de los componentes según su ubicación	44
Tabla 5-6: Tabla de las cargas de los componentes actuantes en el eje inferior	46
Tabla 5-7: Tabla de las cargas	49
Tabla 6-1: Detalle de costos directos de materiales	65
Tabla 6-2: Detalle de costos directos por mano de obra	66
Tabla 6-3: Detalle de costos indirectos	66
Tabla 6-4: Presupuesto total	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3-1. Partes de la planta de tomate	8
Figura 3-2. Caracterización del tamaño del tomate riñón	9
Figura 3-3. Dimensiones del tomate riñón	10
Figura 3-4. Tomate tipo Fortaleza o Micaela	11
Figura 3-5. Tomate tipo Fortuna o Daniela	11
Figura 3-6. Tomate tipo Cherry	11
Figura 3-7. Tomate tipo Chonto	12
Figura 3-8. Tomate tipo Pietro	12
Figura 3-9. Tomate tipo Charleston.....	12
Figura 3-10. Tomate tipo Titán	13
Figura 3-11. Tomate tipo Sheila.....	13
Figura 3-12. Tipos de máquinas clasificadoras	14
Figura 3-13. Máquina clasificadora con redes neuronales	14
Figura 3-14. Máquina clasificadora con células fotoeléctricas	15
Figura 3-15. Máquina clasificadora por tambor giratorio	15
Figura 3-16. Máquina clasificadora de acuerdo a la masa	16
Figura 3-17. Máquina clasificadora con bandas transportadoras divisoras.....	16
Figura 3-18. Máquina clasificadora con rodillos.....	17
Figura 3-19. Vista superior de una máquina clasificadora con rodillos según estaciones	17
Figura 3-20. Vista lateral de una máquina clasificadora con rodillos según estaciones	18
Figura 3-21. Propiedades del acero ASTM A36	19
Figura 3-22. Tubo estructura cuadrado – ASTM A500	20
Figura 3-23. Eje de transmisión SAE 1018	20
Figura 4-1: Diagrama funcional	21
Figura 5-1: Vista isométrica.....	34

Figura 5-2: Diagrama de Módulos	38
Figura 5-3: Factor f resistencia a la fatiga.....	40
Figura 5-4: Diagrama de cuerpo libre del eje guía superior.....	44
Figura 5-5: Diagrama de cuerpo libre del eje inferior.....	47

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

TITULO: “DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA MÁQUINA CLASIFICADORA DE TOMATE DE RIÑÓN PARA LOS PRODUCTORES DEL SECTOR DE PATAÍN PERTENECIENTE A LA PARROQUIA PANZALEO DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI”

Autor/es:

Espín Bautista Lenin Mauricio

Palomo Astudillo Henry David

RESUMEN

La presente propuesta tecnológica tiene como objetivo el diseño y simulación de una máquina clasificadora de tomate de riñón, mediante un análisis matemático y un método de elementos finitos, para los productores del sector de Pataín perteneciente a la parroquia Panzaleo de la provincia de Cotopaxi, analizando las principales variables en el proceso; empleándose una selección del tipo de máquina, sistema de transmisión, utilizándose materiales existentes el mercado local.

La clasificadora de tomate riñón, está constituida por tolvas de entrada y salida, motor eléctrico, catalinas, rodillos armado, chavetas, ejes guías y la estructura soporte. Por lo que la máquina tiene la capacidad de clasificar el producto según su tamaño, definido en ciclos determinados, generando movimiento por los rodillos los cuales son impulsados por cadenas de eslabones, trasladando el tomate según su tamaño en diferentes módulos, dividiendo el producto según su tamaño.

La máquina sirve de apoyo al sector agricultor, para clasificar el producto de manera automática de hasta 15 toneladas por semana, trabajando solo 3 horas por día, definiendo el diseñado mediante herramientas CAD CAE, el cual se procede a validar mediante un análisis de elementos finitos para evidenciar la influencia de las variables de la máquina.

Palabras clave: Clasificadora, diseño, módulo, método por elementos finitos, sistema de transmisión.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
FACULTY OF HUMANITIES SCIENCES AND EDUCATION

THEME: "DESIGN AND SIMULATION OF A KIDNEY TOMATO SORTING MACHINE FOR PRODUCERS IN THE PATAÍN SECTOR BELONGING TO THE PANZALEO PARISH OF THE COTOPAXI PROVINCE"

Authors:

Espín Bautista Lenin Mauricio

Palomo Astudillo Henry David

ABSTRACT

The present technological proposal aims to design and simulate a kidney tomato sorting machine, through mathematical analysis and a finite element method, for producers in the Pataín sector belonging to the Panzaleo parish in the Cotopaxi province, analyzing the main variables in the process; using a selection of the type of machine, transmission system, using existing materials in the local market.

The kidney tomato sorter is made up of inlet and outlet hoppers, electric motor, catalysts, reinforced rollers, keys, guide shafts and the support structure. Therefore, the machine has the ability to classify the product according to its size, defined in certain cycles, generating movement by the rollers which are driven by link chains, moving the tomato into different modules, dividing the product according to its size.

The machine supports the agricultural sector, to automatically classify the product of up to 15 tons per week, working only 3 hours per day, defining the design using CAD CAE tools, which is validated through finite element analysis to show the influence of the machine variables.

Key words: Classifier, design, module, finite element method, transmission system.

AVAL DE TRADUCCION



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

CENTRO DE IDIOMAS

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés de la Facultad de Ciencias Administrativas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que: La traducción del resumen del proyecto de investigación al Idioma Inglés presentado por los señores Egresados de la Carrera de **Ingeniería Electromecánica** de la **Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas** señores Espin Bautista Lenin Mauricio y Palomo Astudillo Henry David, cuyo título versa "DESIGN AND SIMULATION OF A KIDNEY TOMATO SORTING MACHINE FOR PRODUCERS IN THE PATAIN SECTOR BELONGING TO THE PANZALEO PARISH OF THE COTOPAXI PROVINCE", 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 los peticionarios hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, Septiembre de 2020

Atentamente,

Mgs. Martha Cecilia Cueva
DOCENTE DE LA FACULTAD DE CIENCIAS ADMINISTRATIVAS UTC
C.C. 1705022448



CENTRO
DE IDIOMAS

1. INFORMACIÓN BÁSICA

PROPUESTO POR:

- Espín Bautista Lenin Mauricio
- Palomo Astudillo Henry David

TEMA APROBADO:

“Diseño y simulación de una máquina clasificadora de tomate de riñón para los productores del sector de Pataín perteneciente a la parroquia Panzaleo de la provincia de Cotopaxi”.

CARRERA:

Ingeniería Electromecánica.

DIRECTOR DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA:

Ing. MS.c. Luis Navarrete.

EQUIPO DE TRABAJO:

Tutor: Ing. Luis Miguel Navarrete López, Ms.C.

C.C. 180374728-4

Correo: luis.navarrete7284@utc.edu.ec

Teléfono: 0988556656

Estudiante I: Espín Bautista Lenin Mauricio

C.C. 050329904-2

Correo: Lenin.espin2@utc.edu.ec

Teléfono 0984160475

Estudiante II: Palomo Astudillo Henry David

C.C. 050410938-0

Correo: henry.palomo0@utc.edu.ec

Teléfono: 0995361945

LUGAR DE EJECUCIÓN:

Región Sierra, Provincia Cotopaxi, Cantón Salcedo, Parroquia Panzaleo.

TIEMPO DE DURACIÓN DE LA PROPUESTA: 6 meses

FECHA DE ENTREGA: Septiembre 2020

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: de acuerdo a lo establecido por el departamento de investigación de la Universidad Técnica de Cotopaxi, línea 4: procesos industriales. El proyecto que está enfocado es para diseño y simulación de una máquina clasificadora de tomate de riñón

SUBLÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Diseño, simulación y sistemas electromecánicos.

TIPO DE PROPUESTA TECNOLÓGICA: Diseño y simulación

2. DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

2.1. TÍTULO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

“DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA MÁQUINA CLASIFICADORA DE TOMATE DE RIÑÓN PARA LOS PRODUCTORES DEL SECTOR DE PATAÍN PERTENECIENTE A LA PARROQUIA PANZALEO DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI”.

2.2. TIPO DE ALCANCE

Desarrollo: El proyecto de investigación planteado, demandó el empleo de algunas materias estudiadas, durante la carrera, para diseñar y simular una máquina clasificadora de tomate de riñón, según su tamaño, la cual satisface la demanda en función de la producción, incrementando la productividad, clasificándolas en menor tiempo posible, sirviendo para futuros proyectos, dividiendo el producto en función de los rodillos definidos y requeridos por el usuario.

2.3. ÁREA DEL CONOCIMIENTO:

Área: Ingeniería, Industria y Construcción (07)

Subárea de Conocimiento: Ingeniería y Profesiones Afines (071)

Subárea Específica Conocimiento: Mecánica y oficios de metales (0715)

2.4. SINOPSIS DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

Al concluir esta investigación se dispondrá de una máquina diseñada y simulada capaz de clasificar el tomate riñón, según procesos delimitados, pudiendo construirse con materiales locales y nacionales; garantizando un incremento de la producción y disminuyendo significativamente su costo; proponiendo una metodología adecuada para el diseño, constituyendo un aporte para futuros trabajos, iniciándose una nueva tecnología para el desarrollo agrícola del país.

2.5. OBJETO DE ESTUDIO Y CAMPO DE ACCIÓN

2.5.1. Objeto de estudio

Máquina clasificadora de tomate riñón.

2.5.2. Campo de acción

Diseño de máquinas, mecanismo, materiales y sistemas de transmisión de potencia.

2.6. SITUACIÓN PROBLÉMICA Y PROBLEMA

2.6.1. Situación problemática:

En el país actualmente la clasificación de hortalizas se da manualmente, el cual no permite una estandarización adecuada, siendo muy agotador y tedioso para las personas dedicadas a esta actividad, minimizando el tiempo de separación entre un tipo y otro según su tamaño, generando un desbalance a la hora de fijar los precios en el producto, donde la manipulación origina desconfianza por parte del consumidor.

En la provincia de Cotopaxi la clasificación del tomate riñón, se da mediante un proceso manual, el cual resulta ser agotador y tedioso para las personas dedicadas a esta actividad, sin tener un tiempo establecido de clasificar, originando pérdidas en tiempo y en calidad, los cuales no pueden adquirir una máquina que permita dividir al producto por su tamaño, porque tendría que ser una máquina importada en vista que no hay una empresa ecuatoriana que se dedique a la construcción de este tipo de maquinaria, los cuales representan un alto costo, por los aranceles, e impuestos a cancelar.

El cantón Salcedo, es una zona agrícola, donde se encuentra el sector de Pataín, perteneciente a la Parroquia Panzaleo; donde su principal fuente es el cultivo de tomate riñón, donde en los últimos años según datos se cultiva hasta 1600 quintales por hectárea y en el cual se ha evidenciado según datos de desarrollo y ordenamiento territorial, donde su clasificación lo realizan de forma manual, el cual debe ser en función de su tamaño, donde los beneficios que brinda la investigación es que se podría construir una máquina clasificadora en cualquier taller mecánico en base al diseño determinado, el cual es útil para aumentar la producción, disminuyéndose tiempos de clasificación, así como la mano de obra.

2.6.2. Problema

La clasificación del tomate de riñón requiere de un sistema apropiado que garantice el adecuado manejo, manipulación y optimización del tiempo de tal manera que se incremente la producción al momento de iniciar con el proceso de comercialización.

2.7. HIPÓTESIS O FORMULACIÓN DE PREGUNTA CIENTÍFICA

El diseño de una máquina clasificadora para tomate de riñón mejorará el proceso de clasificación del producto en el sector de Pataín, parroquia Panzaleo del cantón Salcedo.

2.8. OBJETIVO(S)

2.8.1. Objetivo general

Diseñar una máquina clasificadora de tomate de riñón, mediante análisis matemático y un método de elementos finitos con la ayuda de un software de simulación, que optimicen los tiempos e incremente la producción en el sector de Pataín perteneciente a la parroquia Panzaleo de la provincia de Cotopaxi.

2.8.2. Objetivos específicos

- Investigar en diferentes fuentes bibliográficas asociadas al análisis de los procesos de clasificación del tomate riñón en el Ecuador.
- Identificar los elementos que conforman una máquina clasificadora de tomate de riñón, mediante la recopilación de datos característicos.
- Validar los elementos que componen una máquina clasificadora de tomate de riñón, con materiales existentes en el mercado local y nacional, a través del empleo de un análisis matemático.
- Simular los elementos críticos que constituyen la máquina clasificadora de tomate riñón, mediante el método de elementos finitos.

2.9. DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES Y TAREAS PROPUESTAS CON LOS OBJETIVOS ESTABLECIDOS

Tabla 2-1. Descripción de las actividades y tareas propuestas con los objetivos establecidos.

Objetivo	Actividad	Resultado de la actividad	Descripción de la metodología
Investigar en diferentes fuentes bibliográficas asociadas al análisis de los procesos de clasificación del tomate riñón en el Ecuador.	Revisión bibliográfica de información documental a través de tesis textos y artículos relacionados con el tema.	Tablas, figuras y procedimientos de clasificación del tomate riñón en el país.	Sustento teórico que ayude a identificar datos útiles vinculados con la clasificación actual en el Ecuador del tomate riñón.
Identificar los elementos que conforman una máquina clasificadora de tomate de riñón, mediante la recopilación de datos característicos.	Recopilación e identificación de los componentes que constituyen una máquina clasificadora de tomate de riñón.	Tablas, figuras y parámetros necesarios, sobre los componentes que conforman una máquina clasificadora de tomate de riñón.	Obtener información sobre los parámetros y el diseño de componentes que conforman una máquina que clasifique el tomate de riñón.
Validar los elementos que componen una máquina clasificadora de tomate de riñón, con materiales existentes en el mercado local y nacional, a través del empleo de un análisis matemático.	Selección y validación de los componentes adecuados, dimensionando y eligiendo materiales disponibles en el mercado local y nacional, para la correcta clasificación del producto.	Diseño y selección de los elementos que sirven para el funcionamiento como los rodillos, ejes, motor, entre otras.	Consultar bibliografía que describa el diseño apropiado de los elementos que conforman una máquina clasificadora de tomate de riñón, con materiales disponibles en el mercado local y nacional.
Simular los elementos críticos que constituyen la máquina clasificadora de tomate riñón, mediante el método de elementos finitos.	Realización del modelado y simulación de los elementos que conforman una máquina clasificadora de tomate riñón, en un software de tipo CAD (Diseño Asistido por Computador)	Modelado y simulado de los elementos que conforman los componentes de la máquina clasificadora de tomate riñón.	Analizar los parámetros dimensionados y seleccionados de manera correcta; validando su funcionamiento mediante el empleo de una clasificadora de tomateriñón, corrigiendo su geometría de manera adecuada el diseño.

3. MARCO TEÓRICO

3.1. Antecedentes

Los antecedentes de la investigación relacionados al proyecto planteado son:

El proyecto de investigación efectuado por Jeres (2017), bajo la temática titulada como “Máquina para clasificar y contabilizar la producción de tomates de árbol”, Ibarra: Ecuador; Universidad Técnica del Norte dice que:

La máquina adecuada debe cumplir con ciertos parámetros como son: tener un fácil manejo, un tiempo de clasificación corto de 300 kg por fruta en una hora, con un peso mínimo para poder ser trasladado y de fácil accesibilidad a los elementos cuando se requiere dar mantenimiento. Por lo que recomienda partir de lo cinemático al análisis computacional para su validación, el cual debe darse por el Método de Elemento Finitos, verificando su estabilidad y resistencia; con un diseño ergonómico donde su operación no provoque problemas a personas de distinto porte, recomendándose además emplear materiales que puedan ser obtenidos en el mercado local y nacional. [1]

Otro proyecto que sirve como antecedente es la investigación ejecutada por Fustamante & Vásquez (2018), bajo el tema “Diseño de una máquina automatizada clasificadora de cebolla por tamaño y color”, Pimentel: Perú; Universidad Señor de Sipán, el cual dice que:

La máquina debe identificar las características de la cebolla a clasificar, según su tamaño el cual se divide en: pequeño donde el diámetro de la cebolla es menor a 40 mm, en tanto que el mediano comprende entre 41 mm y 80 mm y el grande el cual es un diámetro superior a 80 mm; por lo que el diseño ejecutado, recomienda que debe ser validado por el Método de Elementos Finitos, para lograr mayor confiabilidad apoyada en la experiencia de la investigación científica y eficiencia; empleando sistemas aplicativos, donde sus factores de seguridad son superiores a 1 para ejes, 2 para ejes. Para lo cual se ha determinado según la evaluación económica a 10 años de un Valor Actual Neto (VAN) de 138737 y una Tasa Interna de Retorno (TIR) de 70%, dando como aceptado dichos valores. [2]

Finalmente, como antecedente, se puede nombrar a la investigación realizada por Pazmiño (2012), bajo el tema “Construcción de un prototipo de máquina clasificadora y transportadora

de frutas de acuerdo al tamaño para supermercados”, Quito: Ecuador; Escuela Politécnica Nacional, el cual dice que:

La máquina clasificadora y transportadora, adecuada debe estar constituida de sistemas fáciles de operar, donde los materiales a usar deben reunir algunos parámetros como son: fáciles de encontrar, ser accesibles económicamente; el sistema motriz debe estar conformada por servomotores, así como cajas reductoras, con sistemas tecnológicos de clasificación como son el de sensores, el de control, el actuador, el de transportación, así como el de apertura y apagado, por lo que se recomienda que el factor de seguridad de los diferentes elementos deben estar en rangos de 2.4 a 4.0; los cuales son aptos y apropiados para diseños de elementos de máquinas bajo cargas dinámicas con incertidumbre acerca de las cargas, según la bibliografía titulada como Diseño de Elementos de Máquinas de Robert Mott. [3]

3.2. Fundamentación teórica

3.2.1. Tomate riñón

Es una hortaliza, originaria en la Región Andina de América del Sur, con altos contenidos nutricionales donde se destacan las vitaminas A, B1, B2, C, E y minerales como fósforo, potasio, magnesio, manganeso, zinc, cobre, sodio, hierro y calcio. [4]

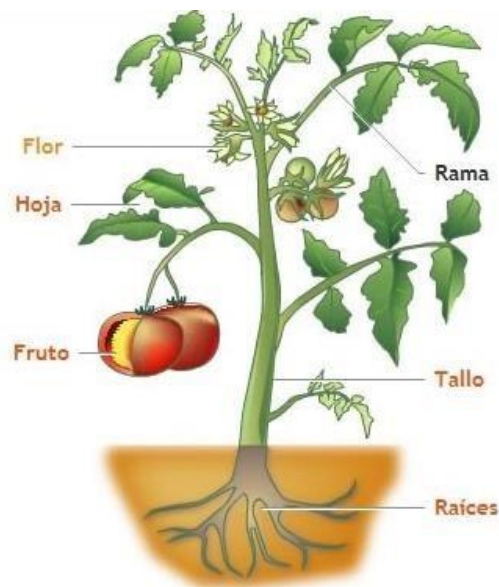


Figura 3-1. Partes de la planta de tomate

Fuente: [4]

Las partes del fruto según [4], son:

- Raíz, aproximadamente 60 cm de profundidad
- Tallo, desde 50 a 150 cm de alto
- Hoja, cuya longitud varía entre 15 a 45 cm
- Flor, son monopétalas.
- Fruto, de tipo esférico varía de 3 a 16 cm de diámetro

La taxonomía del tomate riñón según [4], es.

- Nombre común: tomate riñón
- Nombre científico: *Lycopersicon esculentum*
- Reino: vegetal
- División: Dicotiledones
- Subclase: Metaclaminea
- Orden: Solanales
- Familia: Solanáceas

La caracterización del tomate, según [4], se lo ejecuta por su tamaño como se indica.

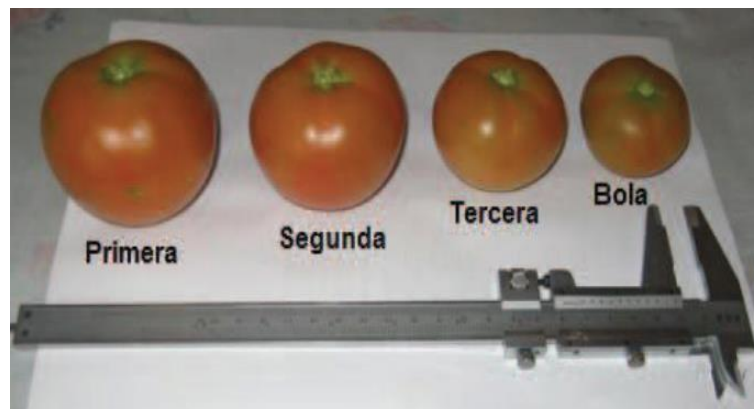


Figura 3-2. Caracterización del tamaño del tomate riñón
Fuente: [4]

Las dimensiones del tomate según [4], se tornan en función de su diámetro y altura.



Figura 3-3. Dimensiones del tomate riñón

Fuente: [4]

El tomate riñón se clasifica en:

Tabla 3-1: Clasificación del tomate en función de su tamaño

CLASE	DIAMETRO MAYOR	ALTURA	MASA APROX.
Primera	Mayor a 70 mm	Mayor a 58 mm	Entre 151 y 199 (gr)
Segunda	Mediano de 59 a 69 0 mm	50 a 57 mm	Entre 100 y 150 (gr)
Tercera	Pequeño de 48 a 58 0 mm	42 a 49 mm	Entre 80 y 99 (gr)
Bola	Menor a 47 mm	Menor a 41 mm	Menor a 79 (gr)

Fuente: [4]

3.2.2. Producción de tomate riñón en Ecuador

La producción de tomate riñón, está definida que cada ecuatoriano consume hasta 4 kilos de tomate riño al año, teniendo presente que en el país existe 3333 hectáreas, dando una producción anual de 61426 toneladas al año, estando ubicados en mayor parte es las provincias de Santa Elena y Cotopaxi. [5]

Los tipos de tomate riñón son:

- Fortaleza llamado también Micaela, es ideal para invernaderos, se da en zonas frías con baja luminosidad.

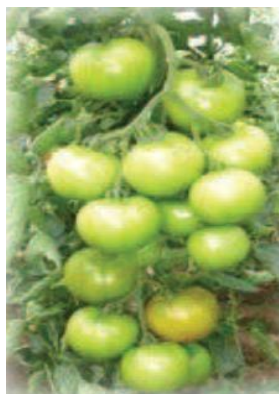


Figura 3-4. Tomate tipo Fortaleza o Micaela

Fuente: [5]

- Fortuna llamada también Daniela, crece en 8 meses, llegando a pesar de 240 a 260 gramos el fruto.



Figura 3-5. Tomate tipo Fortuna o Daniela

Fuente: [5]

- Cherry, es de tamaño de una cereza, crece en clima tropical, su producción es mínima.



Figura 3-6. Tomate tipo Cherry

Fuente: [5]

- Chonto, es un fruto de tamaño medio que pesa entre 120 a 180 gramos.



Figura 3-7. Tomate tipo Chonto

Fuente: [5]

- Pietro, son frutos que pesan entre 230 y 250 gramos, de tipo vigorosas, con racimos entre 5 y 7 frutos.



Figura 3-8. Tomate tipo Pietro

Fuente: [5]

- Charleston, es un fruto de tipo híbrido, los cuales son cosechados cada 3 meses después del desplante.



Figura 3-9. Tomate tipo Charleston

Fuente: [5]

- Titán, son frutos de tipo redondo, pesando entre 200 y 240 gramos.



Figura 3-10. Tomate tipo Titán

Fuente: [5]

- Sheila, son tomates de un tamaño que varía entre 5 a 6 cm de diámetro con un peso máximo de 200 gramos.



Figura 3-11. Tomate tipo Sheila

Fuente: [5]

El tomate riñón en Cotopaxi se cultiva de manera mayoritaria en la parroquia de Panzaleo, en el cantón Salcedo.

En Panzaleo el cultivo de tomate riñón se da en las comunidades de San José de Jacho, Patín y Tigualó, dando las siguientes características de producción:

Tabla 3-2: Características de producción del tomate riñón.

COMUNIDAD, BARRIO, SECTOR	PROMEDIO DE SUPERFICIE DONDE SE CULTIVA (Ha.)	COMO SE REALIZAN EL CULTIVO	RENDIMIENTO O EN QUINTALES / Ha
SAN JOSÉ DE JACHO	0,1	Invernadero	600
PATAÍN	0,1	Invernadero	1600
TIGUALÓ	0,08	Bajo invernadero 1 curación por semana con productos químicos	500

Fuente: [6]

3.2.3. Tipos de máquinas clasificadoras

Los tipos de máquinas clasificadoras más comunes son:

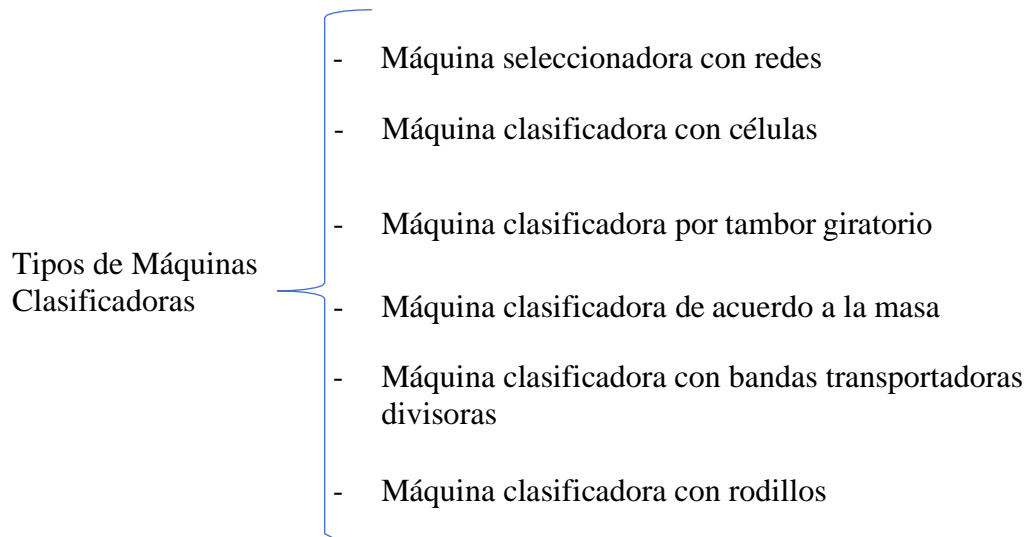


Figura 3-12. Tipos de máquinas clasificadoras

- **Máquina seleccionadora con redes neuronales**

Consiste en un sistema de alimentación disponible con una banda transportadora con paletas que sirven de alineadores como sistema inicial, continuando con una banda ranurada donde se ubican el producto, siendo transportados a un escáner controlado por un ordenador con un software definido, finalizando con un sistema que empuja el producto hacia distintos compartimentos. [7]



Figura 3-13. Máquina clasificadora con redes neuronales

Fuente: [7]

- **Máquina clasificadora con células fotoeléctricas**

Una máquina clasificadora permite seleccionar en función de sus colores clasificándolos en tiernos, maduros y muy maduros; la misma que actúa al pasar el fruto por la célula. [7]

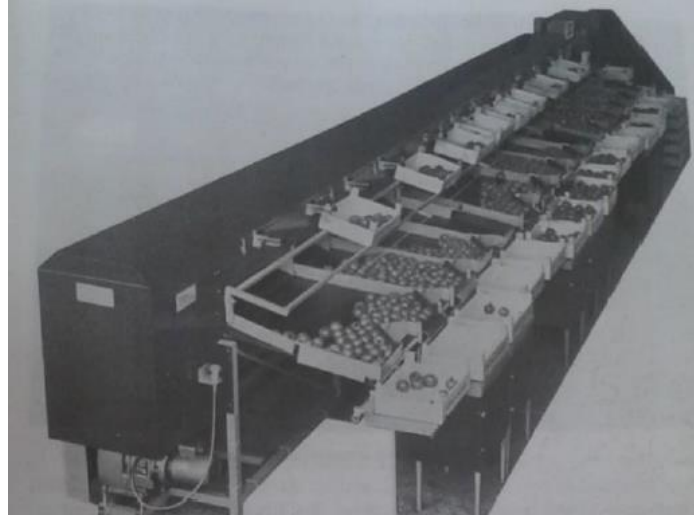


Figura 3-14. Máquina clasificadora con células fotoeléctricas

Fuente: [7]

- **Máquina clasificadora por tambor giratorio**

La máquina clasificadora funciona mediante una tolva donde se coloca el producto a clasificar, la cual actúa por gravedad hacia el tambor giratorio. [7]



Figura 3-15. Máquina clasificadora por tambor giratorio

Fuente: [7]

- **Máquina clasificadora de acuerdo a la masa**

El funcionamiento radica en tres subsistemas que son: alimentación ejecutada por una persona, transporte dada por una banda y clasificación donde permite dividir al producto en función de su masa. [1]

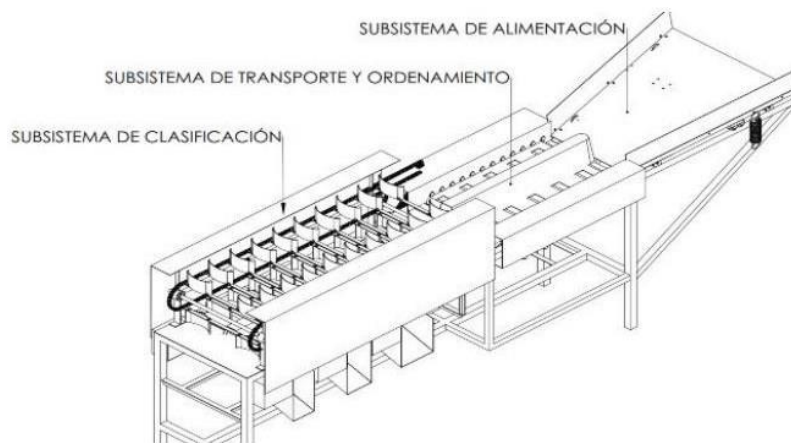


Figura 3-16. Máquina clasificadora de acuerdo a la masa

Fuente: [1]

- **Máquinas clasificadoras con bandas transportadoras divisoras**

Es una máquina la cual clasifica su producto en función de su tamaño, cayendo por gravedad de una banda a la otra con ranuras delimitadas en base a su tamaño. [8]

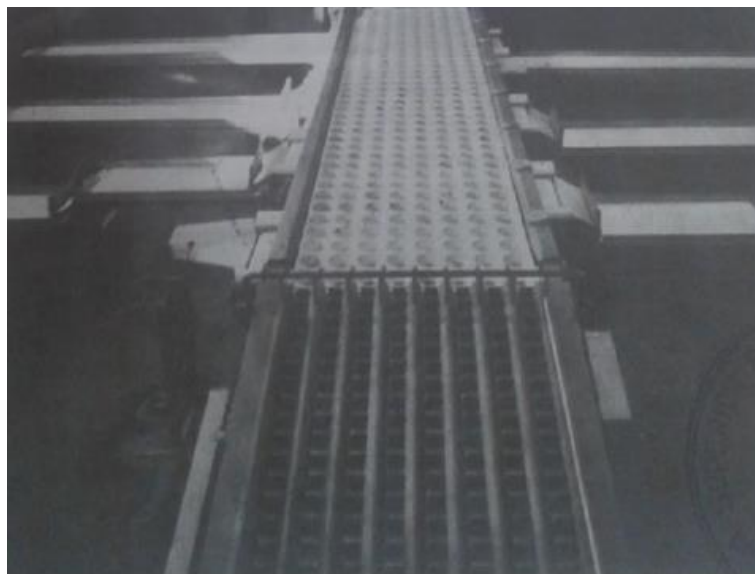


Figura 3-17. Máquina clasificadora con bandas transportadoras divisoras

Fuente: [8]

- **Máquina clasificadora con rodillos**

Es una máquina la cual dispone de una banda de rodillos, en función de una trayectoria definida separando al producto por su tamaño. [7]



Figura 3-18. Máquina clasificadora con rodillos

Fuente: [7]

3.2.4. Partes de una máquina clasificadora con rodillos según estaciones

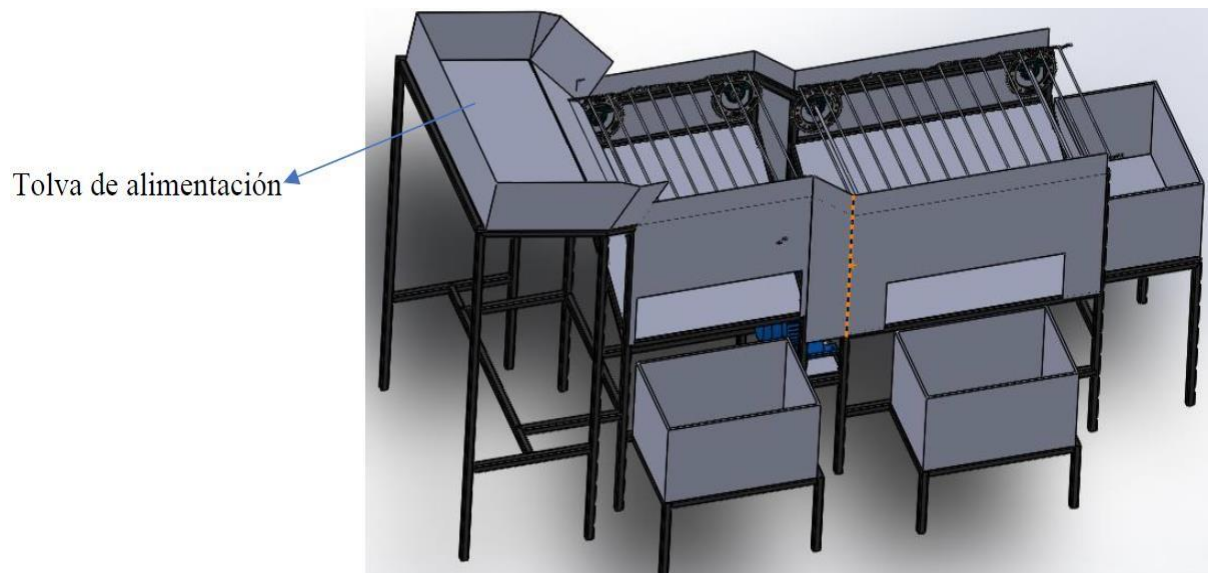


Figura 3-19. Vista superior de una máquina clasificadora con rodillos según estaciones

Fuente: [1]

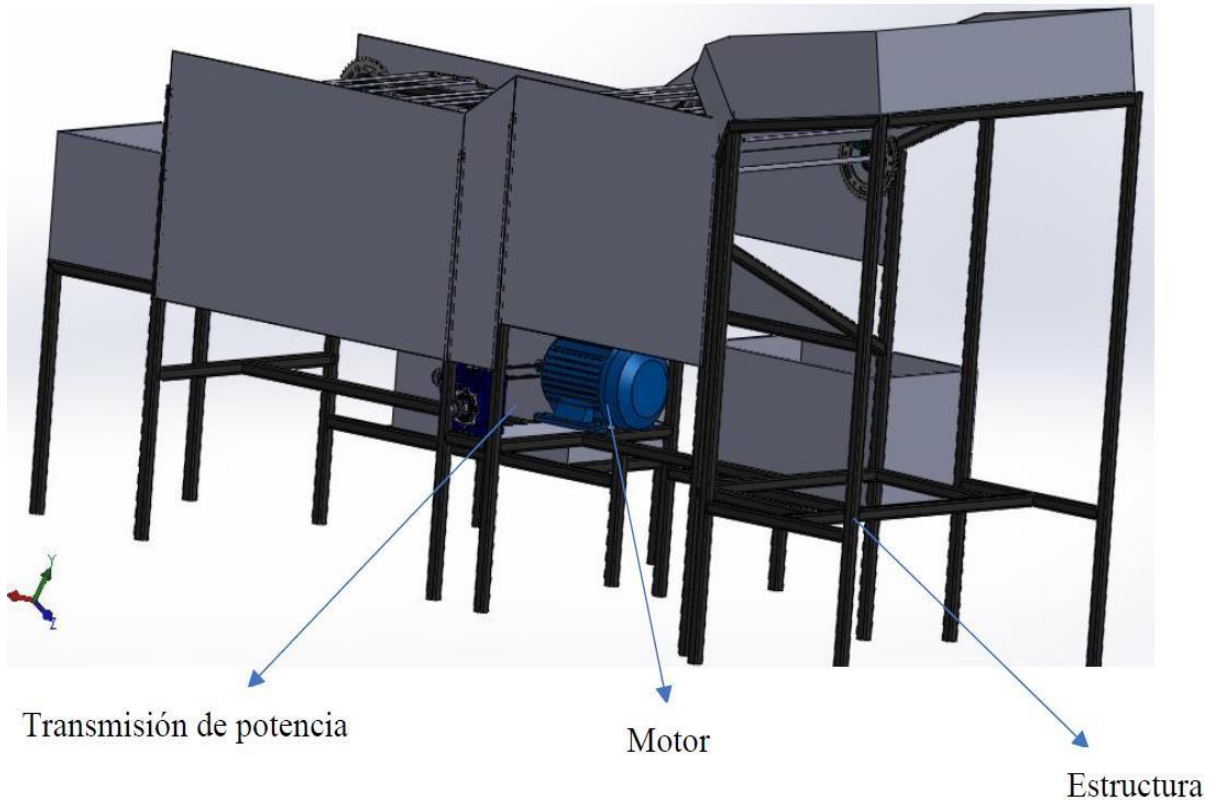


Figura 3-20. Vista lateral de una máquina clasificadora con rodillos según estaciones

Fuente: [1]

Las partes constitutivas de una máquina clasificadora con rodillos por estaciones, según [1] son:

- **Estructura**, es la base soporte de todos los elementos constitutivos de la máquina.
- **Transmisión de potencia**, es el mecanismo encargado de transmitir desde el motor a la máquina.
- **Rodillos**, son elementos encargados de transportar de una estación a otra.
- **Motor**, es el equipo encargado de convertir la energía eléctrica en mecánica.
- **Tolva de alimentación**, es el elemento encargado de contener y canalizar productos al proceso de clasificado.
- **Bandeja de despacho**, es un elemento contenedor de los productos clasificados.
- **Eslabones**, son dispositivos que vinculan la distancia entre rodillos.
- **Eje**, es la pieza que sirve de transmisión de movimientos desde el motor a la máquina.

- **Piñón**, son engranes encargados de transmitir la velocidad.
- **Carcaza de la estructura**, son los elementos de resguardos de la máquina.

3.2.5. Materiales comunes utilizados en una máquina clasificadora con rodillos por estaciones

Los materiales a emplear en una máquina clasificadora con rodillos por estaciones son:

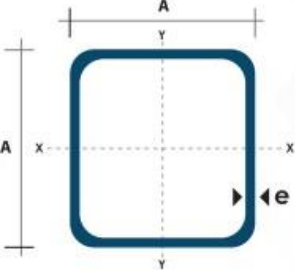
- Acero de planchas al carbono ASTM A36, es un elemento estructural que presenta buena soldabilidad, adecuado para la producción de vigas, estructuras remachadas y atornilladas. [9]

Propiedades Mecánicas				
Esfuerzo Fluencia		Esfuerzo Tracción		Elongación
(Kg / mm ²)	MPa	(Kg / mm ²)	MPa	%
25,5 (mín.)	250 (mín.)	40,8 (mín.)	400 (mín.)	20 (mín.)
Composición Química (Valores típicos)				
% C	% Mn	% Si	% P	% S
≤ 0,26	0,80 - 1,20	≤ 0,40	≤ 0,04	≤ 0,05
Mínimo Radio Interior de Plegado en Frío (**)				
Espesor E (mm.)				
Hasta 20 mm. (incl.)	Sobre 20 mm. hasta 25 mm. (incl.)	Sobre 25 mm. hasta 50 mm. (incl.)		
1,5 X E	1,5 X E	1,5 X E		

Figura 3-21. Propiedades del acero ASTM A36

Fuente: [9]

- Acero estructural ASTM A500, es un material diseñado especialmente para la fabricación de estructuras de edificios, así también como para componentes de máquinas industriales; donde sus componentes principales son hierro y carbono; donde a mayor carbono, se produce mayor resistencia, disminuyendo la ductilidad del producto de acabado, siendo los más usados en tubos cuadrados, recodando y rectangulares. [10]



Dimensiones			Área	Ejes X-Xe Y-Y		
A mm	Espesor mm (e)	Peso Kg/m	Área cm ²	I cm ⁴	W cm ³	i cm ³
20	1,2	0,72	0,90	0,53	0,53	0,77
20	1,5	0,88	1,05	0,58	0,58	0,74
20	2,0	1,15	1,34	0,69	0,69	0,72
25	1,2	0,90	1,14	1,08	0,87	0,97
25	1,5	1,12	1,35	1,21	0,97	0,95
25	2,0	1,47	1,74	1,48	1,18	0,92
30	1,2	1,09	1,38	1,91	1,28	1,18
30	1,5	1,35	1,65	2,19	1,46	1,15
30	2,0	1,78	2,14	2,71	1,81	1,13
40	1,2	1,47	1,80	4,38	2,19	1,25
40	1,5	1,82	2,25	5,48	2,74	1,56
40	2,0	2,41	2,94	6,93	3,46	1,54
40	3,0	3,54	4,44	10,20	5,10	1,52
50	1,5	2,29	2,85	11,06	4,42	1,97
50	2,0	3,03	3,74	14,13	5,65	1,94
50	3,0	4,48	5,61	21,20	4,48	1,91
60	2,0	3,66	3,74	21,26	7,09	2,39
60	3,0	5,42	6,61	35,06	11,69	2,34
75	2,0	4,52	5,74	50,47	13,46	2,97
75	3,0	6,71	8,41	71,54	19,08	2,92
75	4,0	8,59	10,95	89,98	24,00	2,87
100	2,0	6,17	7,74	122,99	24,60	3,99
100	3,0	9,17	11,41	176,95	35,39	3,94
100	4,0	12,13	14,95	226,09	45,22	3,89
100	5,0	14,40	18,36	270,57	54,11	3,84

Figura 3-22. Tubo estructura cuadrado – ASTM A500

Fuente: [11]

- Acero de transmisión SAE 1018, son aceros de cementación no aleado, presentados como ejes, con una mediana resistencia mecánica, que presenta buena ductilidad, fácil de mecanizar y excelente soldabilidad. [11]

COMPOSICIÓN QUÍMICA					DIMENSIONES
%C	%Si	%Mn	%P	%S	DIÁMETRO
0 - 0,20	0 - 0,25	0 - 0,70	0 - 0,04	0 - 05	3/8"
					1/4"
					5/8"
					3/4"
					7/8"
					1"
					1-1/4"
					1-1/2"
					1-3/4"
					2"
					2-1/4"
					2-1/2"
					2-3/4"
					3"
					3-1/2"
					4"
					4-1/2"
					5"
					6"

PROPIEDADES MECÁNICAS			
RESISTENCIA MECÁNICA (N/mm ²)	PUNTO DE FLUENCIA (N/mm ²)	Elongación % Min.	DUREZA ROCKWELL B
410 - 520	235	20	143

Figura 3-23. Eje de transmisión SAE 1018

Fuente: [11]

4. METODOLOGÍA

4.1. Definición

La metodología empleada maneja un enfoque de tipo cuanti – cualitativo, por permitir manejar variables discretas, donde se emplean cifras medibles; asumiendo una realidad dinámica y compuesta, en un paradigma científico que estudia además de las cantidades las cualidades del producto, en base a una realidad subjetiva, constituida por una multiplicidad de contextos, que analizan las realidades y características.

La investigación analizada en el proyecto de investigación es de campo, la cual es apegada con la realidad, permitiendo determinar varias técnicas, que permiten extraer datos e informaciones; apoyándose en diferentes estudios, además de carácter bibliográfico documental, caracterizándose por el empleo de fuentes primarias y secundarias, relacionadas a datos existentes.

4.2. Estructura funcional

La clasificadora debería ser capaz de separar el tomate por su tamaño, peso o su madurez, permitiendo dividir al tomate 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; así como por piñones; caracterizándose por su calidad, durabilidad, producción y empleo.

El diagrama funcional de la clasificadora de tomate es:

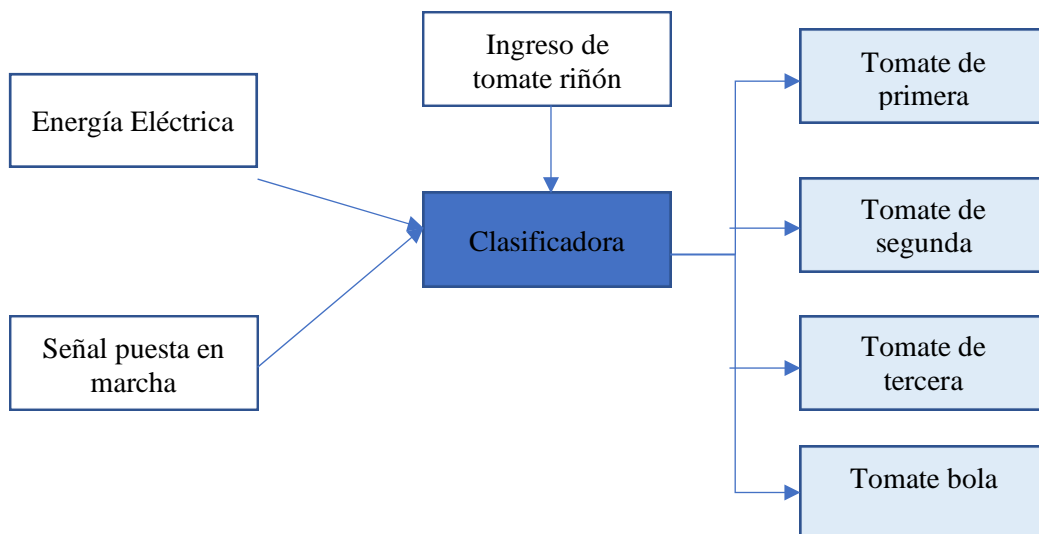


Figura 4-1: Diagrama funcional

4.3. Matriz de operacionalización de variables

Tabla 4-1. Operacionalización de variables

Variable	Concepto	Indicadores	Ítems	Técnicas	Instrumentos
Diseño	Eficiencia	- Clasificación adecuada del tomate	¿Qué tamaños de tomate debe clasificar la maquina?	Medición	Método analítico
	Capacidad de clasificación	- Diaria - Horas - Ciclos	¿La capacidad de clasificación es?	Medición	Método analítico
	Tiempo de trabajo diario	- Ocho horas - Cuatro horas - Tres horas	¿La máquina trabaja diariamente?	Medición	Método analítico
Simulación	Factor de seguridad	- N = 1.25 a 2 - N = 2.0 a 2.5 - N = 2.5 a 4.0 - N = 4.0 más	¿Qué factor de seguridad es el adecuado para aplicar en el diseño?	Medición	Método analítico Método por Elementos Finitos

Elaborado por: Espín y Palomo

4.4. 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 esta la clasificación del tomate riñón por tamaño.

El siguiente paso es delimitar la máquina clasificadora de tomate riñón, de la siguiente manera:

4.4.1. Selección del tipo de máquina

La selección del tipo de máquina se da en base al método de evaluación de soluciones, recomendado por Riba (2002), el cual debe tener presente dos elementos a seguir, definidos como:

Alternativas

- a. Máquina seleccionadora con redes neuronales = MSRN
- b. Máquina clasificadora con células fotoeléctricas = MCCF
- c. Máquina clasificadora por tambor giratorio = MCTG
- d. Máquina clasificadora de acuerdo a la masa = MCAM
- e. Máquinas clasificadoras con bandas transportadoras divisoras = MCBTD
- f. Máquina clasificadora con rodillos = MCR

Criterios

- 1. División por tamaño
- 2. Fácil operación
- 3. Fabricada con materiales existentes en el mercado
- 4. Costo accesible
- 5. Fácil montaje y desmontaje de sus elementos
- 6. Seguridad de operación
- 7. Fácil mantenimiento

Tabla de Criterios

Tabla 4-2. Evaluación de los criterios según el tipo de máquina

Criterio	División por tamaño	Fácil operación	Materiales existentes	Costo accesible	Fácil montaje y desmontaje de sus elementos	Seguridad de operación	Fácil mantenimiento	$\Sigma+1$	Ponderado
Máquina seleccionadora con redes neuronales	0.020	0.01	0.008	0.007	0.004	0.025	0.003	1.0770	0.1538
Máquina clasificadora con células fotoeléctricas	0.020	0.04	0.020	0.013	0.008	0.022	0.002	1.1250	0.1607
Máquina clasificadora por tambor giratorio	0.0525	0.02	0.048	0.036	0.021	0.004	0.007	1.1885	0.1698
Máquina clasificadora de acuerdo a la masa	0.0525	0.03	0.048	0.028	0.020	0.013	0.007	1.1985	0.1712
Máquinas clasificadoras con bandas transportadoras divisoras	0.0525	0.05	0.028	0.020	0.012	0.013	0.004	1.1795	0.1685
Máquina clasificadora con rodillos	0.0525	0.05	0.048	0.036	0.025	0.013	0.007	1.2315	0.1760
Total								7.0000	1.0000

Fuente: [14]

Elaborado por: Espín y Palomo

La mejor opción es la máquina clasificadora con rodillos, en base a la división por tamaño, fácil de operación que permita manejar sin inconveniente, fabricados con materiales existentes en el mercado nacional y local; con costos accesibles, con un fácil montaje y desmontaje de sus elementos constitutivos, con sus seguridades de operación que permita operar la máquina sin que este en riesgo la vida de los operarios y el fácil mantenimiento que se le debe dar a la máquina cada cierto tiempo.

4.4.2. 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 Riba (2002), el cual debe tener presente dos elementos a seguir, definidos como:

Alternativas de mecanismos a utilizar

- a. Banda – polea
- b. Cadena – catalina
- c. Piñón - engrane

Criterios

1. Mayor eficiencia
2. Facilidad de adquisición
3. Costo accesible
4. Fácil montaje y desmontaje de sus elementos
5. Fácil mantenimiento

Tabla de criterios

Tabla 4-3: Evaluación de los criterios a utilizar en el sistema de transmisión a utilizar

Criterio	Mayor eficiencia	Facilidad de adquisición	Costo accesible	Fácil montaje y desmontaje de sus elementos	Fácil mantenimiento	$\Sigma+1$	Ponderado
Banda - polea	0.111	0.077	0.098	0.056	0.028	1.370	0.3425
Cadena – catalina	0.166	0.117	0.098	0.056	0.028	1.465	0.3663
Piñón - engrane	0.056	0.039	0.037	0.022	0.011	1.165	0.2912
Total						4.000	1.0000

Fuente: [14]

Elaborado por: Espín y Palomo

La mejor opción a emplear en el sistema de transmisión es el mecanismo conformado por cadena – catalina, en base a su mejor eficiencia, facilidad de adquisición, costos accesibles, fácil montaje y desmontaje a la clasificadora de tomate riñón y la facilidad de mantenimiento que se debe dar a los implementos seleccionados.

4.4.3. Selección de materiales a emplear en los ejes guías.

La selección de los materiales emplear en los ejes guías al igual que el tipo de máquina a clasificar, se da en base al método de evaluación de soluciones, recomendado por Riba (2002), el cual debe tener presente dos elementos a seguir, definidos como:

- Alternativas de materiales

- a. Acero AISI 1018
- b. Acero AISI 304
- c. Acero AISI 1045
- d. Aluminio

- **Criterios**

1. Costo accesible
2. Facilidad de adquisición
3. Aplicación
4. Mejor resistencia mecánica
5. Mejor fluencia del material
6. Mayor tenacidad
7. Mejor maleabilidad

Tabla de criterios

Tabla 4-4: Evaluación de los criterios a seleccionar de los materiales a emplear en los ejes guías

Criterio	Costo accesible	Facilidad de adquisición	Aplicación	Resistencia mecánica	Fluencia del material	Mayor tenacidad	Mejor maleabilidad	$\Sigma+1$	Ponderado
Acero AISI 1018	0.100	0.084	0.045	0.026	0.039	0.015	0.015	1.324	0.2648
Acero AISI 304	0.025	0.053	0.045	0.039	0.026	0.010	0.010	1.208	0.2416
Acero AISI 1045	0.075	0.020	0.045	0.052	0.052	0.020	0.005	1.269	0.2538
Aluminio	0.050	0.053	0.045	0.013	0.013	0.005	0.020	1.199	0.2398
Total								5.000	1.0000

Fuente: [14]

Elaborado por: Espín y Palomo

La mejor opción a utilizar en la selección de los materiales a emplear en los ejes guías, es el Acero AISI 1018, en base a su costo accesible, facilidad de adquisición, aplicación, resistencia mecánica, mejor fluencia del material, mayor tenacidad y mejor maleabilidad.

4.4.4. Dimensionamiento de elementos

Una vez definida mediante selección la máquina y el mecanismo de transmisión a utilizar se procede a dimensionar.

4.4.4.1. Dimensionado de la tolva primaria

El dimensionado de la tolva primaria se determina de la siguiente manera:

$$V = l \times a \times h \quad \text{Ecu. (4.1)}$$

Donde:

- V = Volumen de la tolva (mm³)
- l = Longitud de la tolva (mm)
- a = Ancho de la tolva (mm)
- h = Altura de la tolva (mm)

4.4.4.2. Diseño de los rodillos

El diseño de los rodillos se da de la siguiente manera:

- **Peso a aplicar**

El peso del producto es la fuerza a aplicar sobre el rodillo el cual se da en función de la carga uniforme, como lo recomienda [15].

$$W = \frac{n \times m \times g}{L} \quad \text{Ecu. (4.2)}$$

Donde:

- W = Carga uniforme (N/m)
- n = Número de tomates
- m = Masa por cada tomate (kg)
- g = Gravedad = 9.81 m/s²
- L = longitud del rodillo (m)

- **Esfuerzo máximo de tensión del material**

Los esfuerzos máximos de tensión se determinan en función del centroide y de la inercia, como lo recomienda [15].

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}C}{I} \quad \text{Ecu. (4.3)}$$

Donde:

- σ_{\max} = Esfuerzo Máximo del material (N/m²)
- M_{\max} = Momento máximo (N-m)
- C = Centroide (m)
- I = Inercia (m⁴)

- **Inercia del eje**

La inercia del eje se determina como lo indica [15].

$$I = \frac{\pi d^4}{64} \quad \text{Ecu. (4.4)}$$

Donde

- I = Inercia del eje (m⁴)
- d = Diámetro del eje (m)

4.4.4.3. Validación del eje seleccionado

Análisis dinámico

El diseño del eje se determina en función de los siguientes Factores que modifican el Límite de Resistencia a la Fatiga, recomendada por [15].

$$S_e = k_a k_b k_c k_d k_e k_f S'_e \quad \text{Ecu. (4.5)}$$

Donde:

- k_a = Factor de superficie
- k_b = Factor de modificación del tamaño
- k_c = Factor de carga
- k_d = Factor de temperatura
- k_e = Factor de confiabilidad
- k_f = Factor de concentración

- $S'e$ = Límite de Resistencia a la fatiga en viga rotatoria (MPa)
- Se = Límite de Resistencia a la fatiga en la ubicación crítica (MPa)

Resistencia a la fatiga

Según Shigley, [15], recomienda que la fórmula para determinar la resistencia a la fatiga se determina de la siguiente manera:

$$a = \frac{(fS_{ut})^2}{S_e} \quad \text{Ecu. (4.6)}$$

$$b = -\frac{1}{3} \log \left(\frac{fS_{ut}}{S_e} \right) \quad \text{Ecu. (4.7)}$$

$$Sf = aN^b \quad \text{Ecu. (4.8)}$$

Donde:

- S_{ut} = Resistencia última a la tensión (kpsi)
- f = Factor de resistencia
- a = Factor de multiplicidad
- b = Factor potencial
- Se = Límite de resistencia (MPa)
- Sf = Resistencia a la fatiga (MPa)
- N = Número de ciclos

- **Factor de seguridad dinámico**

El factor de seguridad se determina de la siguiente forma recomendada por [15].

$$n_d = \frac{f}{\sigma} \quad \text{Ecu. (4.9)}$$

Donde:

- Sf = Resistencia a la fatiga (MPa)
- σ = Esfuerzo permisible equivalente (MPa)
- n_d = Factor de seguridad dinámico

4.4.4.4. Deflexión de la varilla seleccionada

Para determinar la deflexión de la varilla seleccionada, se debe utilizar la siguiente ecuación.

$$y_{m\acute{a}x} = \frac{5 \times W \times m^4}{384 \times E \times I} \quad \text{Ecu. (4.10)}$$

Donde:

- $y_{m\acute{a}x}$ = Deflexión máxima (m)
- W = Carga uniforme (N/m)
- L = longitud de la varilla (m)
- E = Elasticidad del material ($\frac{N}{m^2}$)
- I = Inercia del eje (m⁴)

4.4.4.5. Dimensionamiento de la catalina y cadena

Según Nicolas Larbuo [17], el dimensionamiento de la catalina se da de la siguiente manera:

$$\gamma = \frac{360}{2Z} \quad \text{Ecu. (4.11)}$$

$$d_e = \frac{P}{\tan \frac{\gamma}{2}} + P \times 0.5 \quad \text{Ecu. (4.12)}$$

$$d_p = \frac{P}{\text{Sen } \gamma} \quad \text{Ecu. (4.13)}$$

$$d_f = d_p - d_r \quad \text{Ecu. (4.14)}$$

$$A_t = \frac{d_e - d_f}{2} \quad \text{Ecu. (4.15)}$$

$$d = 1.005 \times d_r + 0.08 \quad \text{Ecu. (4.16)}$$

Donde:

- Z = Numero de dientes
- P = Paso de la cadena (mm)
- d_r = Diámetro nominal del rodillo (mm)
- d = Diámetro del fondo del diente (mm)
- d_p = Diámetro primitivo (mm)
- d_e = Diámetro exterior (mm)
- d_f = Diámetro de fondo (mm)

- A_t = Altura total del diente (mm)

4.4.4.6. Potencia requerida

La potencia requerida, según Shigley [15], recomienda, determinar de la siguiente manera:

$$P = \frac{W}{t} \quad \text{Ecu. (4.17)}$$

Donde:

- P = Potencia (hp)
- W = Trabajo (Nm)
- T = Tiempo (s)

- **Trabajo**

El trabajo se define de la siguiente manera:

$$W = Ft \times d \quad \text{Ecu. (4.18)}$$

Donde:

- W = Trabajo (Nm)
- F_t = Fuerza producida (N)
- d = Diámetro del eje (m)

- **Velocidad angular**

La velocidad angular se determina de la siguiente manera:

$$\omega = \frac{V}{r} \quad \text{Ecu. (4.19)}$$

Donde:

- ω = Velocidad angular (rad/s)
- V = Velocidad del transportador (m/s)
- R = Radio del eje (m)

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1. Introducción

Una vez determinado el problema central, donde se define la capacidad de la máquina a adquirir, se procede al diseño de la máquina clasificadora de tomate riñón, siguiendo con el dimensionamiento de la tolva, el diseño de los rodillos donde se debe definir el peso aplicar, delimitando el diámetro de la varilla, la cual se valida, definiendo la deflexión de la varilla seleccionada, continuando con el dimensionamiento de la catalina y cadena, definiendo las revoluciones por minuto, dimensionando el eje guía superior, e inferior, continuando con el diseño de la transmisión, donde se define la potencia y se selecciona el material, para la estructura, verificando sus datos mediante el método de elementos finitos, de sus distintos elementos constitutivos.

5.2. Especificaciones de la máquina

La máquina está constituida de:

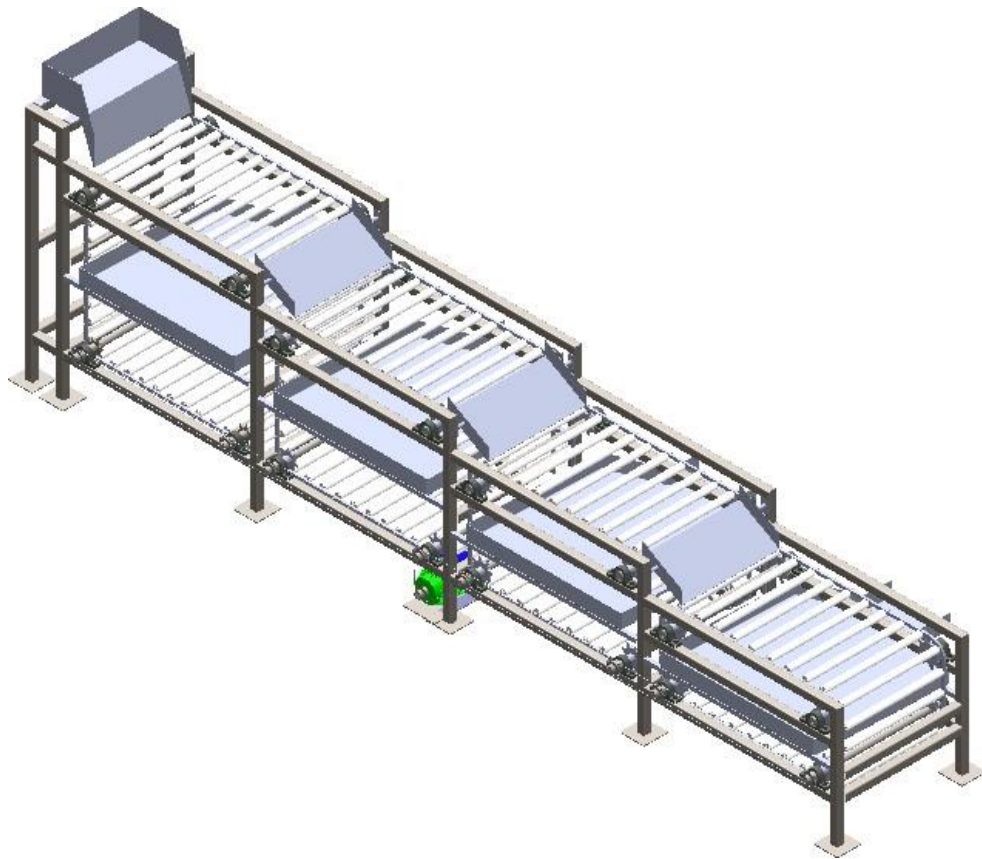


Figura 5-1: Vista isométrica

5.3. Dimensionamiento de la clasificadora de tomate

Los elementos que constituyen la clasificadora de tomate son:

5.3.1. Capacidad de la máquina clasificadora

Teniendo presente una producción semanal de hasta 15 Toneladas, donde se trabajarán solo 3 horas diarias, la clasificadora debería cumplir los siguientes parámetros de funcionamiento.

- Producción semanal = 15 Toneladas = 15000 Kg
- Producción diaria = 3 Toneladas = 3000 Kg
- Producción por hora = 1 Tonelada = 1000 Kg
- Producción por minuto = 0.0167 Toneladas = 16.7 Kg
- Producción por segundo = 0.00028 Toneladas = 0.28 Kg
- Producción por ciclo = 0.00028 Toneladas x 40 segundos = 0.01114 Toneladas = 11.14 Kg

5.3.2. Dimensionado de la tolva

El dimensionamiento de la tolva primaria se daría en función de la capacidad de producción, a cumplir en un ciclo definido, el cual sería de 11.14 Kg.

Según la clasificación del tomate en función de su tamaño definido en la Tabla 3-1, se tendría los siguientes valores promedios:

- Clase bola; $\varnothing = 47$ mm, $h = 41$ mm y masa = 79 gramos
- Clase tercera; $\varnothing = 53$ mm, $h = 45.5$ mm y masa = 89.5 gramos
- Clase segunda; $\varnothing = 64$ mm, $h = 53.5$ mm y masa = 125 gramos
- Clase primera; $\varnothing = 70$ mm, $h = 58$ mm y masa = 199 gramos

Para el dimensionamiento de la tolva, se supondrá que el tomate es de primera clase por tener el mayor dimensionamiento.

Por lo que se tendría:

- $C =$ Capacidad definida por ciclo = 11.14 Kg
- $M =$ Masa promedio = 199 gramos
- $N =$ Número de tomates

$$N = \frac{C}{M} = \frac{11.14 \text{ kg}}{199 \text{ g}} = \frac{11\ 140 \text{ g}}{199 \text{ g}} = 55.9 \approx 56$$

Una vez establecido el número de tomates, se define la capacidad de la tolva según el volumen requerido.

Clase primera; $\varnothing = 70$ mm, $h = 58$ mm

$$V_1 = \pi \times (35 \text{ mm})^2 \times 58 \text{ mm} = 223\ 210.16 \text{ mm}^3 \times 56 = 12499768.85 \\ \approx 12499769 \text{ mm}^3$$

El largo de la tolva, se dará en función del volumen determinado, el ancho interno de la clasificadora, la cual sería de 500 mm y una altura = 150 mm, en base a la ecuación (4.1)

$$12499769 \text{ mm}^3 = l \times 500 \text{ mm} \times 150 \text{ mm} \\ l = \frac{12499769 \text{ mm}^3}{500 \text{ mm} \times 150 \text{ mm}} = 166.7 \text{ mm}$$

Por lo que el dimensionamiento de la tolva se definiría de:

- $l = \text{Largo} = 200 \text{ mm}$
- $a = \text{Ancho} = 500 \text{ mm}$
- $h = \text{Altura} = 150 \text{ mm}$

Por lo que la capacidad de la tolva dimensionada sería de:

$$V = l \times a \times h = 200 \text{ mm} \times 500 \text{ mm} \times 150 \text{ mm} = 15\,000\,000 \text{ mm}^3$$

Como la capacidad de la tolva sería de $15\,000\,000 \text{ mm}^3$, en comparación con la requerida que debe ser de $12\,499\,769 \text{ mm}^3$, sería aceptable.

$$V_D > V_R \text{ OK}$$

5.3.3. Diseño de los rodillos

Los rodillos estarían compuestos de tubería de PVC de diámetro interior de 29.8 mm, con un espesor nominal de 1.1 mm y una longitud de 500 mm; con rodamientos, arandelas, tuercas de ajustes a los costados y una varilla de acero de transmisión 1018, la cual tiene una longitud de 560 mm, el cual es definido como el cuerpo principal del rodillo, sobre el que se ubican, gira y soportan la carga originadas por el tomate riñón.

5.3.3.1. Peso a aplicar

La longitud de la varilla de transmisión, se da en base a la anchura máxima definida de la clasificadora de tomate, delimitada en una longitud de 560 mm.

Como se tiene previsto ocupar un volumen máximo de $15\,000\,000 \text{ mm}^3$, donde cada tomate riñón ocupa un volumen de $223\,210.16 \text{ mm}^3$, el número de tomates y masa total sería de:

$$n = \frac{15\,000\,000 \text{ mm}^3}{223\,210.16 \text{ mm}^3} = 67.2 \approx 67$$

En base a la masa promedio por tomate de 199 gramos, en un número de 67 unidades, la capacidad máxima a aplicar definida sería de

$$C = N \times M = 67 \times 199 \text{ g} = 13333 \text{ gr} = 13.333 \text{ kg}$$

Tomando como referencia que la máquina clasificadora está compuesta por 4 módulos, los cuales tienen, dimensiones internas por módulo de $0.5 \times 1 \text{ m}$.

Se toma como referencia para el diseño estructural, el primer módulo, el cual tiene una separación de 41 mm entre los espacios del rodillo, delimitado según el porte máximo del tomate tipo bola que es el producto más pequeño, el cual se encuentra descrito en la Tabla 3-1, ubicándose en 12 rodillos.

Según el número de rodillos repartidos de manera uniforme, que acapara el primer módulo sería de 12 unidades, por lo que la carga máxima que soportaría cada rodillo sería de:

$$C_r = \frac{13.333 \text{ kg}}{12} = 1.1111 \text{ Kg}$$

Por lo que la carga uniforme en cada rodillo a aplicar, seguiría la ecuación (4.2):

$$W = \frac{1.1111 \text{ Kg} \times 9.81 \text{ m/s}^2}{0.56 \text{ m}} = 19.5 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

5.3.3.2. Diámetro de la varilla

El diámetro de la varilla, se definen en base al Momento Máximo, el Esfuerzo del Material y el Factor de Seguridad, como se indica de la siguiente manera:

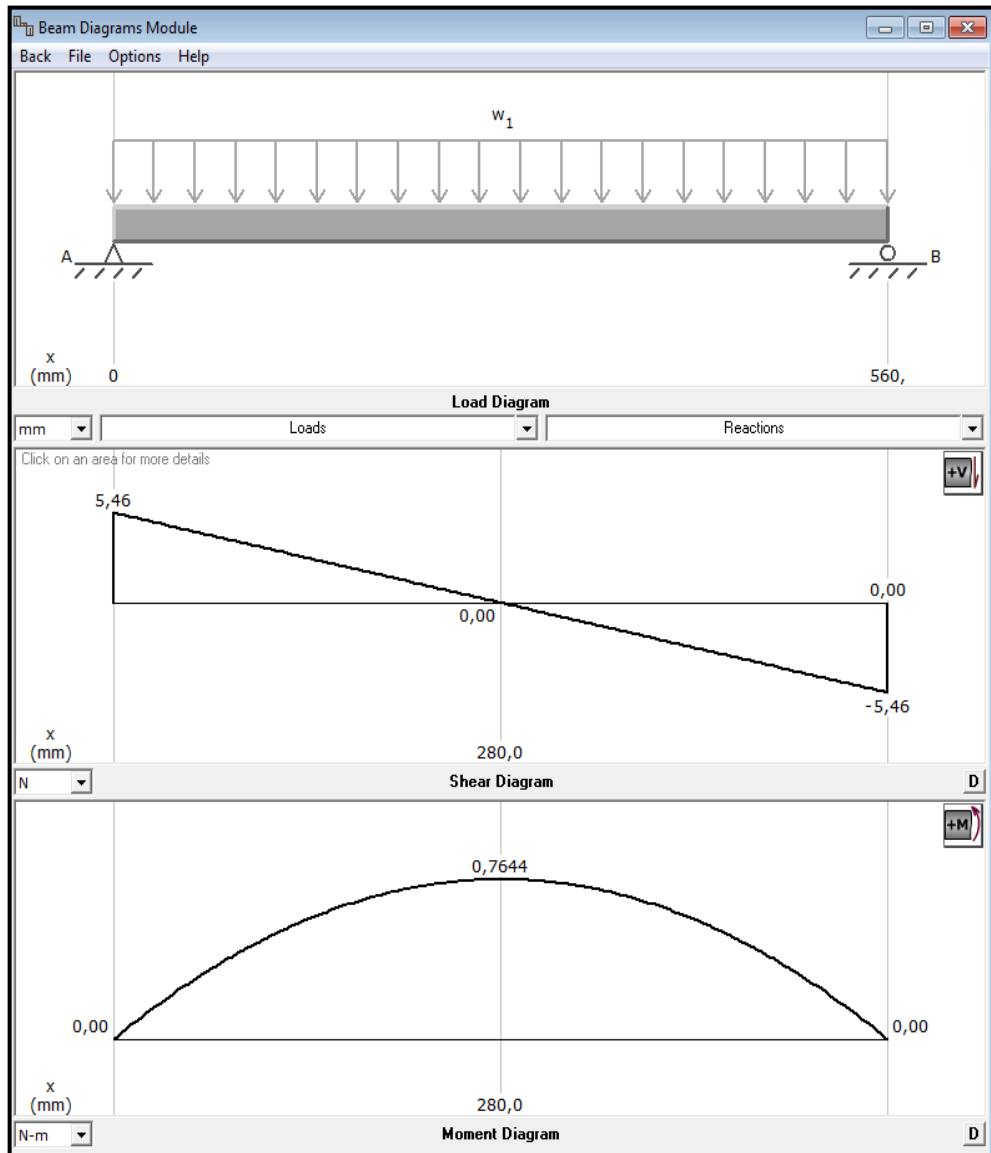


Figura 5-2: Diagrama de Módulos

El esfuerzo máximo del acero AISI 1018 = $\sigma_{\max} = S_y = 320 \text{ N/mm}^2$

La varilla, se diseñará con un FDS de 4; el cual según Robert Mott sugiere que sea, para el diseño de elementos de máquinas, con una incertidumbre eficiente.

Por lo que el esfuerzo máximo, se da en base a la ecuación (4.3); donde la inercia se da en función de la ecuación (4.4):

$$\sigma_{\max} = \frac{M}{I} = \frac{M_{\max} \cdot \frac{d}{2}}{\frac{\pi d^4}{64}}; \text{ por lo que } 320 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = \frac{0.7644 \text{ Nm} \cdot \frac{d}{2}}{\frac{\pi d^4}{64}}$$

$$d = 0.0029 \text{ m} = 2.9 \text{ mm}$$

Como se empleará un FDS de 4 por seguridad, el diámetro de la varilla será de:

$$d = 2.9 \text{ mm} \times 4 = 11.6 \text{ mm}$$

Por lo que se emplearía una varilla de 12 mm de diámetro.

5.3.3.3. Validación de la varilla seleccionada

La validación de la varilla seleccionada se dará en función del análisis dinámico, limitándose la resistencia a la fatiga en función de la Ecuación (4.5).

$$S_e = k_a k_b k_c k_d k_e S'_e$$

- **ka = Factor de superficie (Acero AISI 1018);** $k_a = 4.51 \times 440^{-0.265} = 0.9$

Tabla 5-1: Parámetros del Factor de Modificación

Acabado superficial	Factor a		Exponente b
	S_{ut} kpsi	S_{ut} MPa	
Esmerilado	1.34	1.58	-0.085
Maquinado o estirado en frío	2.70	4.51	-0.265

Fuente: [15]

- **kb = Factor de modificación del tamaño (d = 12 mm);** $k_b = \left(\frac{12}{7.62}\right)^{-0.107} = 0.95257$
- **kc = Factor de carga (torsión);** $k_c = 0.59$
- **kd = Factor de temperatura (20 °C);** $k_d = 1$

Tabla 5-2: Efectos de temperatura de operación

Temperatura, °C	S_T/S_{RT}	Temperatura, °F	S_T/S_{RT}
20	1.000	70	1.000

Fuente: [15]

- **ke = Factor de confiabilidad (99.9%);** $k_e = 1 - 0.08 \times 3.091 = 0.75272$

Tabla 5-3: Factor de modificación de confiabilidad

Confiabilidad, %	Variación de transformación z_u	Factor de confiabilidad k_u
50	0	1.000
90	1.288	0.897
95	1.645	0.868
99	2.326	0.814
99.9	3.091	0.753

Fuente: [15]

- **kf = Factores de efectos varios; $k_f = 1$**
- **El límite de Resistencia $S'e$ ($S_{ut} = 440$ MPa);**

$$S'e = 0.5 S_{ut} = 0.5 \times 440 \text{ MPa} = 220 \text{ MPa}$$

$$S_e = 0.9 \times 0.95257 \times 0.59 \times 1 \times 0.75272 \times 1 \times 220 \text{ MPa} = 83.8 \text{ MPa}$$

- **Resistencia a la fatiga ($S_{ut} 440$ MPa = 63.82 kpsi), se basa en la Ecuación (4.6), para determinar el factor de multiplicidad, en tanto que el factor potencial se da en base a la Ecuación (4.7).**

$$a = \frac{(0.9 \times 440 \text{ MPa})^2}{83.8 \text{ MPa}} = 1871.313 \text{ MPa}$$

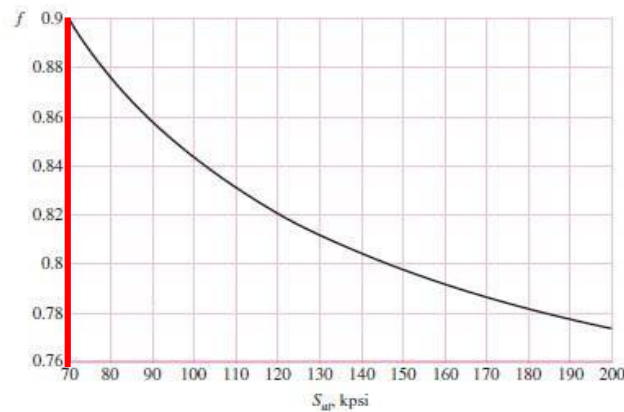


Figura 5-3: Factor f resistencia a la fatiga

Fuente: [15]

$$b = -\frac{1}{3} \log \left(\frac{0.9 \times 440}{83.8} \right) = -0.225$$

Por lo que el factor de seguridad, se da en función de la resistencia de fatiga, siguiendo las ecuaciones (4.8) y (4.9).

$$Sf = 1871.313 \times 1000^{-0.225} = 395.5 \text{ MPa}$$

$$n = \frac{395.5 \text{ MPa}}{320 \text{ MPa}} = 1.236$$

En el análisis dinámico como sobre pasa el $n = 1$, se da por aceptado el análisis.

Mientras que el número de ciclos definidos sería de:

$$N = \left(\frac{320 \text{ MPa}}{1871.313 \text{ MPa}} \right)^{-1/0.225} = 2563.74 \approx 2564 \text{ ciclos}$$

5.3.3.4. Deflexión de la varilla seleccionada (Acero AISI 1018)

Para determinar la deflexión de la varilla seleccionada, se debe iniciar definiendo la inercia, en función de las siguientes ecuaciones (4.4) y (4.10) la cual es:

$$I = \frac{\pi x (0.012 \text{ m})^4}{64} = 1.02 \times 10^{-9} \text{ m}^4$$

$$y_{\text{máx}} = \frac{5 \times 19.5 \frac{\text{N}}{\text{m}} x (0.560 \text{ m})^4}{384 \times 2.05 \times 10^{11} \frac{\text{N}}{\text{m}^2} x 1.02 \times 10^{-9} \text{ m}^4} = \frac{9.59 \text{ N m}^3}{80294.4 \text{ N m}^2} = 0.00012 \text{ m}$$

$$y_{\text{máx}} = 0.00012 \text{ m} = 0.12 \text{ mm}$$

5.3.3.5. Carga mínima requerida en la varilla

Como se conoce que el rodillo va estar ubicado sobre guías de acero, entonces se usará el siguiente factor de fricción.

Tabla 5-4: Coeficiente de resistencia a la rodadura

C_r	d	Descripción
0.0002 a 0.0010	0.5 mm	Ruedas de ferrocarril sobre rieles de acero
	0.1 mm	Rodamientos de bolas en acero sobre acero
0.0025		Neumáticos especiales Michelin para automóvil solar/eco-marathon
0.005		Rieles estándar de tranvía
0.0055		Neumáticos BMX de bicicleta usados para automóviles solares3
0.006 a 0.01		Neumáticos de automóvil de baja resistencia y neumáticos de camión sobre carretera lisa

Fuente: [19]

La carga definida sobre cada rodillo anteriormente es $W = 1.111 \text{ Kg} \times 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 10.9 \text{ N}$, por lo que la Carga Normal, se puede definir de la siguiente manera:

$$\sum F_Y = 0$$

$$N - m \times g = 0$$

$$N = m \times g = 10.9 \text{ N}$$

La Fuerza Normal se definiría según el diámetro exterior del rodillo delimitado de 12 mm y el coeficiente de rozamiento designado de.

$$F = \frac{0.1 \text{ mm} \times 10.9 \text{ N}}{6 \text{ mm}} = 0.182 \text{ N}$$

5.3.3.6. Dimensionamiento de la catalina y cadena

El dimensionamiento de la catalina se da en función de las siguientes ecuaciones (4.11) hasta la (4.16), en cada módulo.

En el módulo 1.

$$\gamma = \frac{360}{2 \times 7} = 25.7143; \quad \mathbf{d}_e = \frac{30}{\tan 7} + 30 \times 0.5 = 77.3 \text{ mm}$$

$$\mathbf{d}_p = \frac{30}{\text{Sen } 25.7143} = 69.143 \text{ mm}; \quad \mathbf{d}_f = 69.143 \text{ mm} - 7 \text{ mm} = 62.143 \text{ mm}$$

$$\mathbf{A}_t = \frac{77.3 \text{ mm} - 62.143 \text{ mm}}{2} = 7.4785 \text{ mm}; \quad \mathbf{d} = 1.005 \times 7 \text{ mm} + 0.08 = 7.043 \text{ mm}$$

En el módulo 2.

$$\gamma = \frac{360}{2 \times 7} = 25.7143; \quad \mathbf{d}_e = \frac{35}{\tan 7} + 35 \times 0.5 = 90.178 \text{ mm}$$

$$\mathbf{d}_p = \frac{35}{\text{Sen } 25.7143} = 80.667 \text{ mm}; \quad \mathbf{d}_f = 80.667 \text{ mm} - 8 \text{ mm} = 72.667 \text{ mm}$$

$$\mathbf{A}_t = \frac{90.178 \text{ mm} - 72.667 \text{ mm}}{2} = 8.7555 \text{ mm}; \quad \mathbf{d} = 1.005 \times 8 \text{ mm} + 0.08 = 8.12 \text{ mm}$$

En el módulo 3.

$$\gamma = \frac{360}{2 \times 8} = 22.5; \quad \mathbf{d}_e = \frac{40}{\tan 8} + 40 \times 0.5 = 116.57 \text{ mm}$$

$$\mathbf{d}_p = \frac{40}{\text{Sen } 22.5} = 104.53 \text{ mm}; \quad \mathbf{d}_f = 104.53 \text{ mm} - 9 \text{ mm} = 92.53 \text{ mm}$$

$$A_t = \frac{116.57 \text{ mm} - 92.53 \text{ mm}}{2} = 12.05 \text{ mm}; \mathbf{d} = 1.005 \times 9 \text{ mm} + 0.08 = 9.125 \text{ mm}$$

En el módulo 4.

$$\gamma = \frac{360}{2 \times 8} = 22.5; \mathbf{d}_e = \frac{45}{\tan 8} + 45 \times 0.5 = 131.14 \text{ mm}$$

$$\mathbf{d}_p = \frac{45}{\text{Sen } 22.5} = 117.6 \text{ mm}; \mathbf{d}_f = 117.6 \text{ mm} - 10 \text{ mm} = 107.6 \text{ mm}$$

$$A_t = \frac{131.14 \text{ mm} - 107.6 \text{ mm}}{2} = 11.77 \text{ mm}; \mathbf{d} = 1.005 \times 10 \text{ mm} + 0.08 = 10.13 \text{ mm}$$

5.3.3.7. Velocidad angular

La velocidad angular, que debe tener el motor, para clasificar los 11.14 kg por ciclo en un periodo de hasta 40 segundos, se da de la siguiente manera:

Tomando como parámetro principal, la distancia que va desde la tolva de alimentación hasta el punto más alejado, que es el extremo del cuarto modulo, que puede recorrer el tomate es de hasta 4.2 m.

Por lo que la velocidad de la banda transportadora se define de la siguiente manera:

$$V = \frac{4.2 \text{ m}}{40 \text{ s}} = 0.105 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Con un diámetro exterior de 32mm = 28.8 mm + 1.6x2, la velocidad angular se da en función de la ecuación (4.19), la cual es:

$$\omega = \frac{V}{r} = \frac{0.105 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{0.016 \text{ m}} = 6.5624 \frac{\text{rad}}{\text{s}} = 62.7 \text{ rpm} \approx 63 \text{ rpm}$$

5.3.3.8. Diseño del eje guía superior

Como se tiene que el módulo 1 está conformado por 44 rodillos, el cual está repartido en los 4 ejes, se tendría en cuenta que por eje se generaría el peso de 11 rodillos = 0.5856 * 11 = 6.4416 Kg

Las cargas a ubicarse en cada punto se dan en la siguiente tabla.

Tabla 5-5: Tabla de las cargas de los componentes según su ubicación

Componentes	Piezas	Masa (Kg)	Pesos (N)
Punto A y Punto B			
Masa de la cadena a usar	1	1.0886	10.68
Masa originada de la Catalina del módulo 1	1	0.367	3.61
Masa del rodillo	1/2	3.2208	21.79
Carga del producto a clasificar	1/2	5.57	54.64
Total			90.72

Por lo que el diagrama de cuerpo libre del eje es:

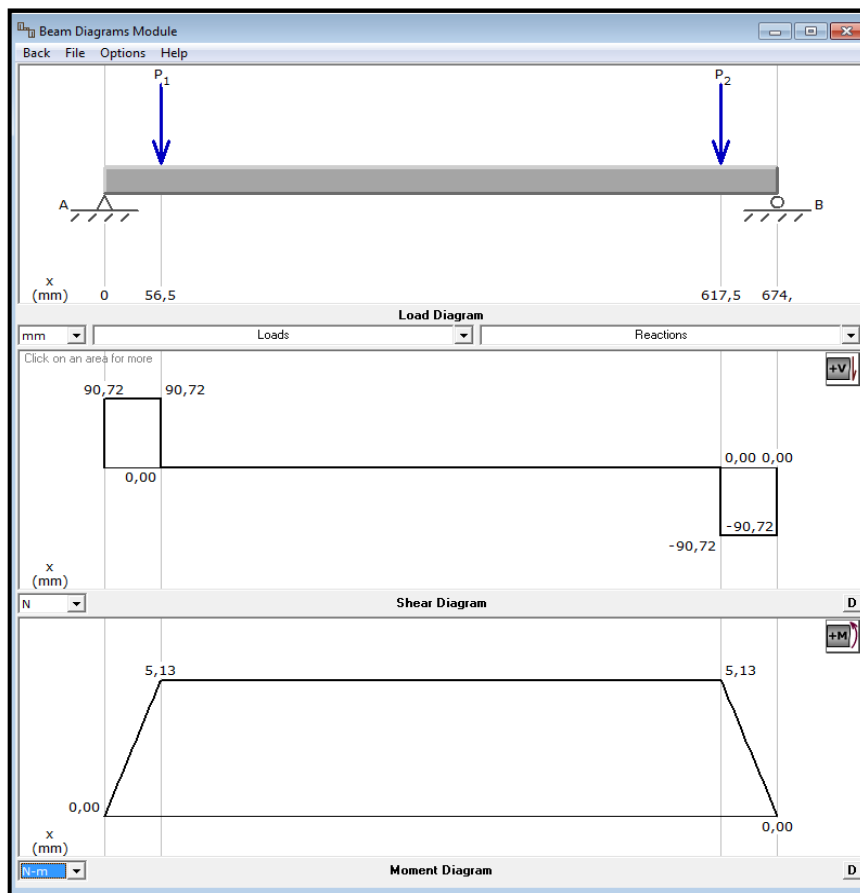


Figura 5-4: Diagrama de cuerpo libre del eje guía superior

El esfuerzo máximo del acero AISI 1018 = $\sigma_{\max} = S_y = 320 \text{ N/mm}^2$

El eje guía superior, se diseñará con un FDS de 4; el cual según Robert Mott sugiere que sea, para el diseño de elementos de máquinas, con una incertidumbre máxima eficiente.

Por lo que el esfuerzo máximo se da en base a la ecuación (4.3); donde la inercia se da en función de la ecuación (4.4):

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max} C}{I} = 320 \text{ 000 000} \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = \frac{5.13 \text{ Nm} * d}{\frac{\pi d^4}{64}}$$

$$d = 0.0055 \text{ m} = 5.5 \text{ mm}$$

Como se empleará un FDS de 4 por seguridad, el diámetro de la varilla será de:

$$d = 5.5 \text{ mm} \times 4 = 22 \text{ mm}$$

Por lo que el eje diámetro menor del eje sería de 25 mm.

5.3.3.9. Validación del eje guía superior

Análisis dinámico

La validación del eje guía superior seleccionada se dará en función del análisis dinámico, limitándose la resistencia a la fatiga en función de la Ecuación (4.5).

$$S_e = k_a k_b k_c k_d k_e S'_e$$

- **ka = Factor de superficie (Acero AISI 1018);** $k_a = 4.51 \times 440^{-0.265} = 0.9$

De la tabla 5.1, se define que:

- **kb = Factor de modificación del tamaño (d = 25 mm);** $k_b = \left(\frac{25}{7.62}\right)^{-0.107} = 0.881$
- **kc = Factor de carga (torsión);** $k_c = 0.59$
- **kd = Factor de temperatura (20 °C);** $k_d = 1$

De la tabla 5.2, se define que:

- **ke = Factor de confiabilidad (99.9%);** $k_e = 1 - 0.08 \times 3.091 = 0.75272$

De la tabla 5.3, se define que:

- **kf = Factores de efectos varios;** $k_f = 1$
- **El límite de Resistencia S'e (Sut = 440 MPa)**

$$S'_e = 0.5 S_{ut} = 0.5 \times 440 \text{ MPa} = 220 \text{ MPa}$$

$$S_e = 0.9 \times 0.881 \times 0.59 \times 1 \times 0.75272 \times 1 \times 220 \text{ MPa} = 77.5 \text{ MPa}$$

- **Resistencia a la fatiga (Sut 440 MPa = 63.82 kpsi),** se basa en la Ecuación (4.6), para determinar el factor de multiplicidad, en tanto que el factor potencial se da en base a la Ecuación (4.7).

De la figura 5.4, se define que:

$$a = \frac{(0.9 \times 440 \text{ MPa})^2}{77.5 \text{ MPa}} = 2023.43 \text{ MPa}; \quad b = -\frac{1}{3} \log \left(\frac{0.9 \times 440}{77.5} \right) = -0.236$$

Por lo que el factor de seguridad se da en función de la resistencia de fatiga, siguiendo las ecuaciones (4.8) y (4.9).

$$Sf = 2023.43 \times 1000^{-0.236} = 396.36 \text{ MPa}$$

$$n = \frac{396.36 \text{ MPa}}{320 \text{ MPa}} = 1.24$$

En el análisis dinámico como sobre pasa el $n = 1$, se da por aceptado el análisis.

Mientras que el número de ciclos definidos darían:

$$N = \left(\frac{320 \text{ MPa}}{2023.43 \text{ MPa}} \right)^{-1/0.236} = 2476 \text{ ciclos}$$

5.3.3.10. Diseño del eje guía inferior

Como referencia, se tomaría presente las cargas originadas en el módulo 1, que es la sección donde se ubica mayor peso, y es el que está constituido por 44 rodillos, repartidos en los 4 ejes, por lo que se tendría en cuenta que por eje se generaría el peso de 11 rodillos = $0.5856 * 11 = 6.4416 \text{ Kg}$

Las cargas a ubicarse en cada punto se dan en la siguiente tabla.

Tabla 5-6: Tabla de las cargas de los componentes actuantes en el eje inferior

Componentes	Piezas	Masa (Kg)	Peso (N)
Punto A			
Masa de la catalina doble	1	0.35	3.4335
Punto B y Punto C			
Masa de la cadena a usar	1	1.0886	10.68
Masa originada de la Catalina del módulo 1	1	0.367	3.61
Masa del rodillo	1/2	3.2208	21.79
Carga del producto a clasificar	1/2	5.57	54.64
Total			90.72

Por lo que el diagrama de cuerpo libre del eje es:

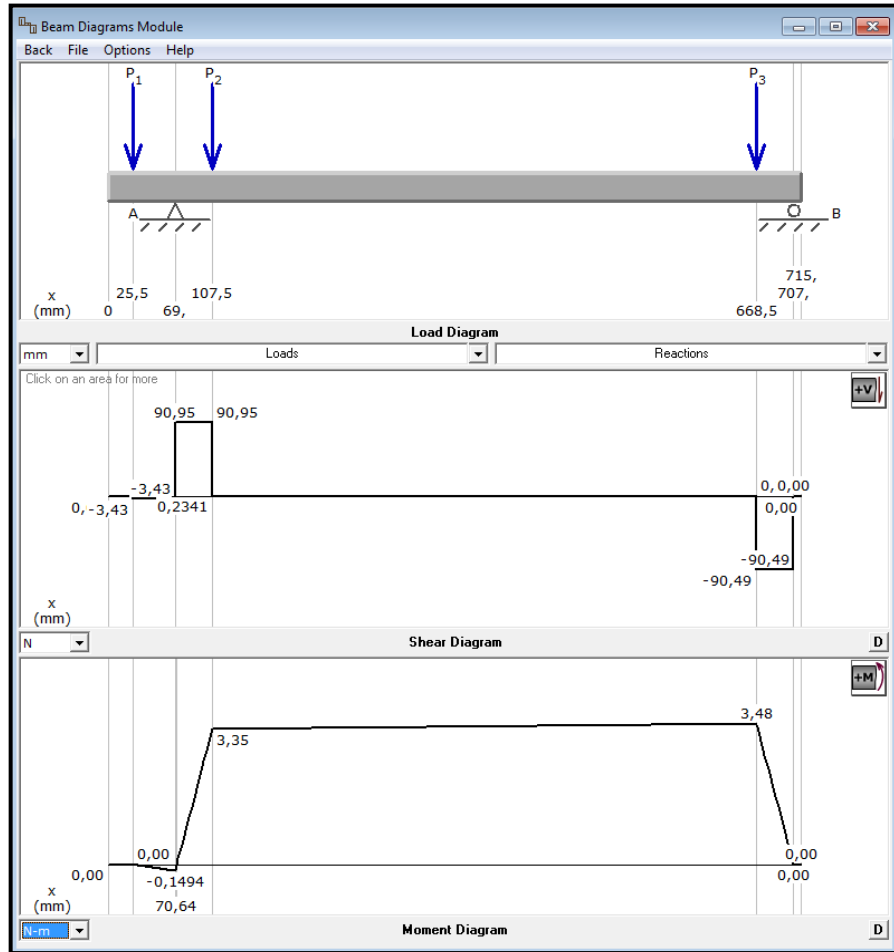


Figura 5-5: Diagrama de cuerpo libre del eje inferior

El esfuerzo máximo del acero AISI 1018 = $\sigma_{\max} = S_y = 320 \text{ N/mm}^2$

El eje guía inferior, se diseñará con un FDS de 4; el cual según Robert Mott sugiere que sea empleado, para el diseño de elementos de máquinas, con una incertidumbre máxima eficiente.

Por lo que el esfuerzo máximo se da en base a la ecuación (4.3); donde la inercia se da en función de la ecuación (4.4):

$$\sigma_{\max} = \frac{M}{I} \cdot C ; 320\,000\,000 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = \frac{3.48 \text{ Nm} \cdot \frac{d}{2}}{\frac{\pi d^4}{64}}$$

$$d = 0.0048 \text{ m} = 4.8 \text{ mm}$$

Como se empleará un FDS de 4 por seguridad, el diámetro de la varilla será de:

$$d = 4.8 \text{ mm} \times 4 = 19.2 \text{ mm}$$

Por facilidad de adquisición el eje a usar sería de diámetro mínimo de 25 mm.

5.3.3.11. Validación del eje guía inferior

Análisis dinámico

La validación del eje guía inferior seleccionado se dará en función del análisis dinámico, limitándose la resistencia a la fatiga en función de la Ecuación (4.5).

$$S_e = k_a k_b k_c k_d k_e k_f S'_e$$

- **ka = Factor de superficie (Acero AISI 1018);** $k_a = 4.51 \times 440^{-0.265} = 0.9$

De la Tabla 5.1, se define que:

- **kb = Factor de modificación del tamaño (d = 25 mm);** $k_b = \left(\frac{25}{7.62}\right)^{-0.107} = 0.881$
- **kc = Factor de carga (torsión);** $k_c = 0.59$
- **kd = Factor de temperatura (20 oC);** $k_d = 1$

De la Tabla 5.2, se define que:

- **ke = Factor de confiabilidad (99.9%);** $k_e = 1 - 0.08 \times 3.091 = 0.75272$

De la Tabla 5.3, se define que:

- **kf = Factores de efectos varios;** $k_f = 1$
- **El límite de Resistencia S'e (Sut = 440 MPa)**

$$S'_e = 0.5 S_{ut} = 0.5 \times 440 \text{ MPa} = 220 \text{ MPa}$$

$$S_e = 0.9 \times 0.881 \times 0.59 \times 1 \times 0.75272 \times 1 \times 220 \text{ MPa} = 77.5 \text{ MPa}$$

- **Resistencia a la fatiga (Sut 440 MPa = 63.82 kpsi)**, se basa en la Ecuación (4.6), para determinar el factor de multiplicidad, en tanto que el factor potencial se da en base a la Ecuación (4.7).

De la figura 5.4, se define que:

$$a = \frac{(0.9 \times 440 \text{ MPa})^2}{77.5 \text{ MPa}} = 2023.43 \text{ MPa}$$

$$b = -\frac{1}{3} \log \left(\frac{0.9 \times 440}{77.5} \right) = -0.236$$

Por lo que el factor de seguridad se da en función de la resistencia de fatiga, siguiendo las ecuaciones (4.8) y (4.9).

$$Sf = 2023.43 \times 1000^{-0.236} = 396.36 \text{ MPa}; n = \frac{396.36 \text{ MPa}}{320 \text{ MPa}} = 1.24$$

En el análisis dinámico como sobre pasa el $n = 1$, se da por aceptado el análisis.

Mientras que el número de ciclos definidos darían:

$$N = \left(\frac{320 \text{ MPa}}{2023.43 \text{ MPa}} \right)^{-1/0.236} = 2476 \text{ ciclos}$$

5.3.3.12. Diseño de la transmisión de movimiento

El diseño se inicia por la determinación de:

Potencia requerida

La potencia requerida, se inicia definiendo el peso del tomate generado por ciclos y de los implementos que debe mover.

Tabla 5-7: Tabla de las cargas

Componentes	Piezas	Masa (Kg)	Masa Total (Kg)	Pesos (N)
Masa de la catalina doble	6	0.35	2.1	20.60
Masa de la catalina simple	2	0.21	0.42	4.12
Masa de la cadena a usar	8	1.0886	8.7088	85.433
Masa originada de Catalinas	32	0.367	11.744	115.21
Masa del rodillo	141	0.5856	82.56	809.914
Carga del producto a clasificar	1	11.14	11.14	109.283
Total				1144.56

El siguiente paso es definir el trabajo, el cual se da en función de la ecuación (4.18)

$$W = 1144.56 N \times 0.025 m = 28.614 Nm = 28.614 Kg \times \frac{m^2}{seg^2}$$

Por lo que la potencia definida según el periodo de ciclo de 40 segundo, se da en función de la Ecuación (4.17):

$$P = \frac{28.614 Kg \times \frac{m^2}{s^2}}{40 s} = 0.71535 Kg \times \frac{m^2}{s^3} = 0.71535 Watt = 0.00096 hp$$



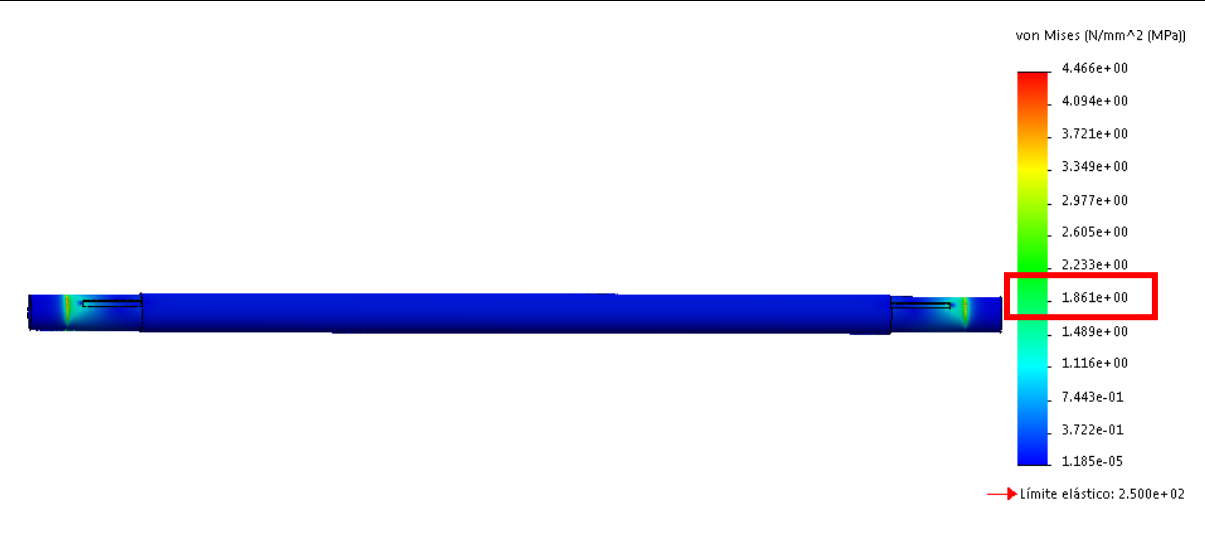
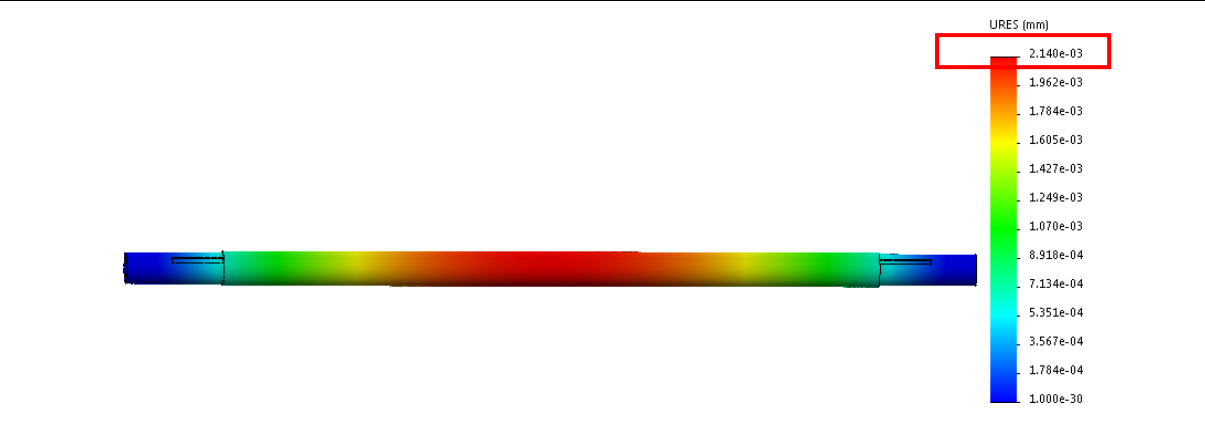
Por facilidad de adquisición se debería adquirir un motor de ½ hp.

5.4. Validación por el método de elementos finitos FEM.

En la siguiente sección se valida el diseño elaborado por el método de elementos finitos, el cual se da mediante el empleo de un software.

5.4.1. Validación por el método de elementos finitos del eje guía superior

El método de elementos finitos valida, el diseño según los resultados ejecutados

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA		Ingeniería Electromecánica													
Resultados de análisis del eje guía superior		Pág. 1-2														
Análisis de Tensiones																
<p>En el análisis de tensiones, bajo el criterio de von Mises, da un esfuerzo máximo de 1.861 MPa y a través de la escala de colores en las zonas extremas del eje, da un color combinado entre celeste y verde, el cual da como aceptable.</p>																
 <p>von Mises (N/mm² (MPa))</p> <table border="1"><tr><td>4.466e+00</td></tr><tr><td>4.094e+00</td></tr><tr><td>3.721e+00</td></tr><tr><td>3.349e+00</td></tr><tr><td>2.977e+00</td></tr><tr><td>2.605e+00</td></tr><tr><td>2.233e+00</td></tr><tr><td>1.861e+00</td></tr><tr><td>1.489e+00</td></tr><tr><td>1.116e+00</td></tr><tr><td>7.443e-01</td></tr><tr><td>3.722e-01</td></tr><tr><td>1.185e-05</td></tr></table> <p>→ Límite elástico: 2.500e+02</p>				4.466e+00	4.094e+00	3.721e+00	3.349e+00	2.977e+00	2.605e+00	2.233e+00	1.861e+00	1.489e+00	1.116e+00	7.443e-01	3.722e-01	1.185e-05
4.466e+00																
4.094e+00																
3.721e+00																
3.349e+00																
2.977e+00																
2.605e+00																
2.233e+00																
1.861e+00																
1.489e+00																
1.116e+00																
7.443e-01																
3.722e-01																
1.185e-05																
Análisis de desplazamiento																
<p>En el análisis de desplazamientos, definido en mm, da una deformación máxima de 0.00214 mm, el cual está dado en la parte central del eje, dando como válido por ser un valor mínimo el cual puede ser despreciable.</p>																
 <p>URES (mm)</p> <table border="1"><tr><td>2.140e-03</td></tr><tr><td>1.962e-03</td></tr><tr><td>1.784e-03</td></tr><tr><td>1.605e-03</td></tr><tr><td>1.427e-03</td></tr><tr><td>1.249e-03</td></tr><tr><td>1.070e-03</td></tr><tr><td>8.918e-04</td></tr><tr><td>7.134e-04</td></tr><tr><td>5.351e-04</td></tr><tr><td>3.567e-04</td></tr><tr><td>1.784e-04</td></tr><tr><td>1.000e-03</td></tr></table>				2.140e-03	1.962e-03	1.784e-03	1.605e-03	1.427e-03	1.249e-03	1.070e-03	8.918e-04	7.134e-04	5.351e-04	3.567e-04	1.784e-04	1.000e-03
2.140e-03																
1.962e-03																
1.784e-03																
1.605e-03																
1.427e-03																
1.249e-03																
1.070e-03																
8.918e-04																
7.134e-04																
5.351e-04																
3.567e-04																
1.784e-04																
1.000e-03																



Resultados de análisis del eje guía superior

Pág. 2-2

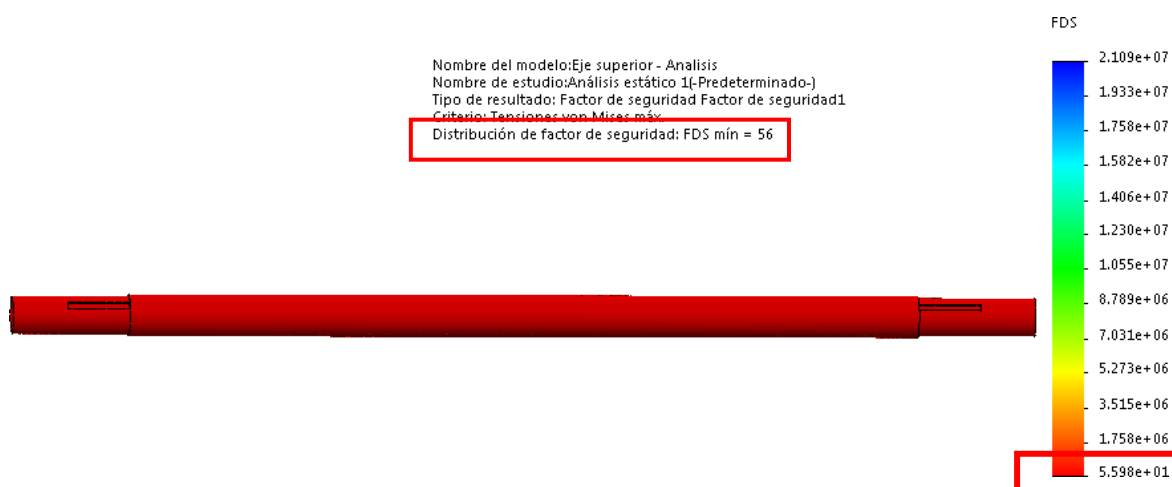
Análisis por Deformaciones Unitarias

En el análisis de deformaciones unitarias, de modo adimensional, da un valor 0.000006402 y a través de la escala de colores en las zonas extremas del eje, da un color combinado entre celeste y verde, el cual da como aceptable.



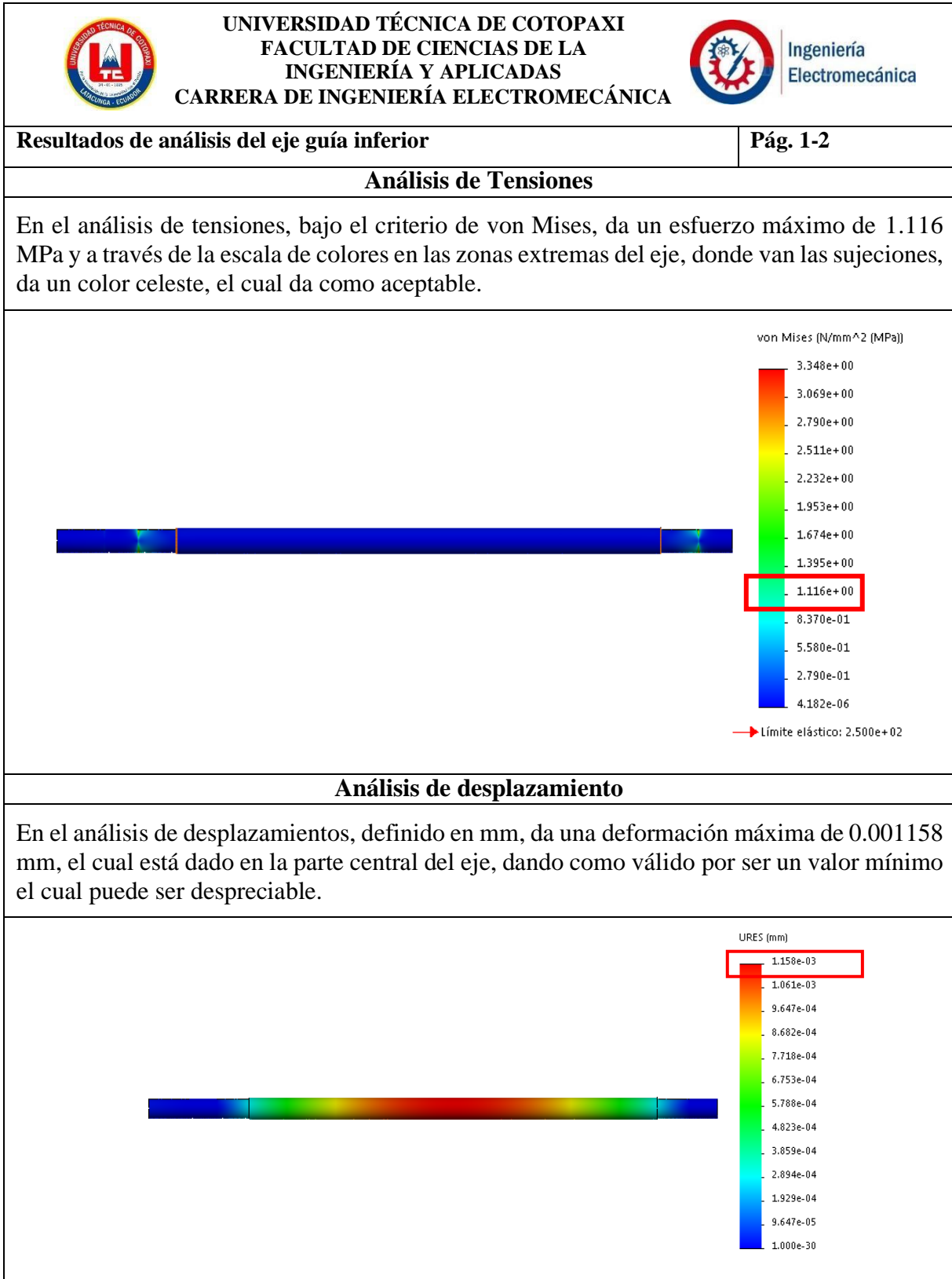
Análisis del Factor de Seguridad

En el análisis del Factor de Seguridad (FDS), es aceptable, por el valor mínimo que da de 56, el cual según Robert Mott sugiere que sea empleado, para el diseño de elementos de máquinas, con una incertidumbre máxima eficiente.



5.4.2. Validación por el método de elementos finitos del eje guía inferior

El método de elementos finitos valida según los resultados ejecutados son:



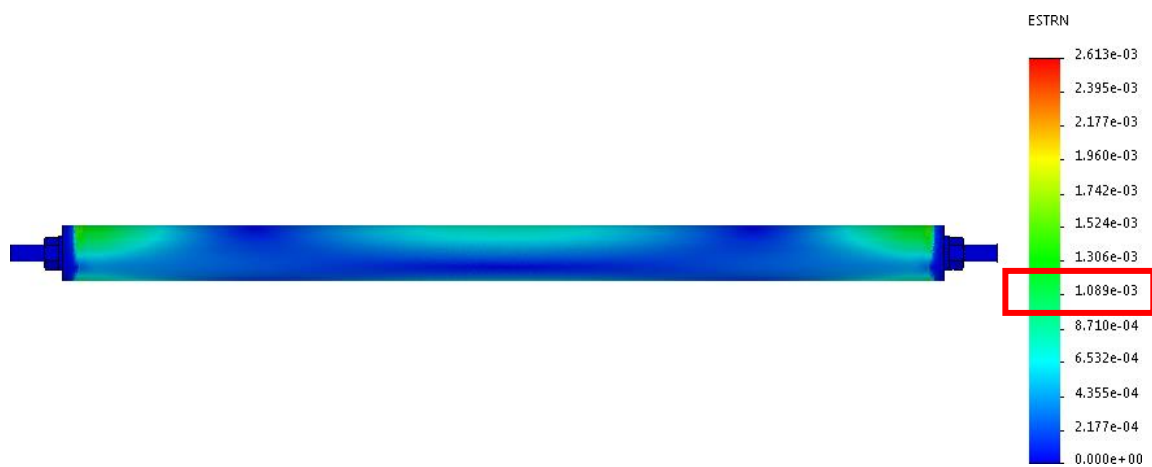


Resultados de análisis del rodillo

Pág. 2-2

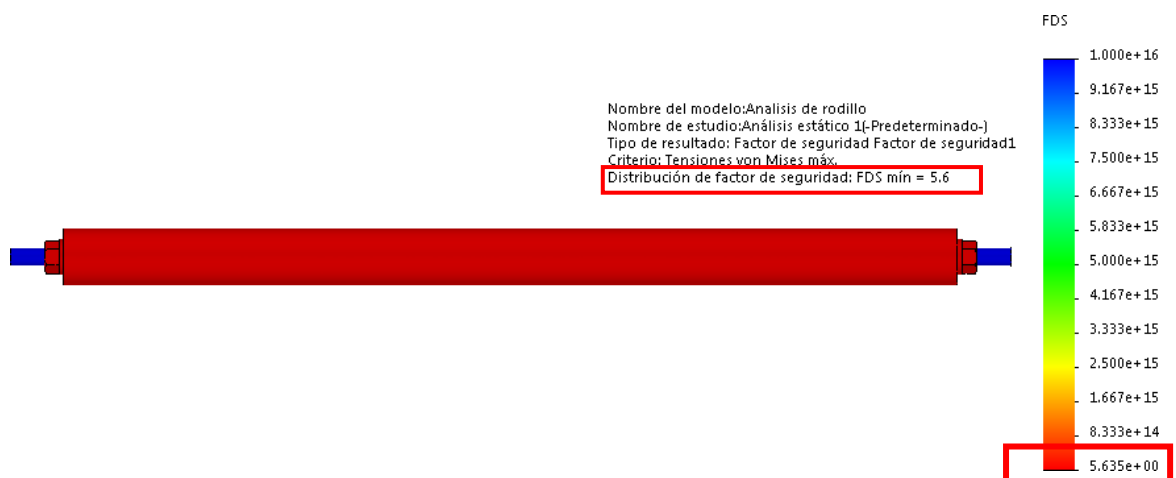
Análisis por Deformaciones Unitarias

En el análisis de deformaciones unitarias, de modo adimensional, da un valor de 0.001089 y a través de la escala de colores, da un color combinado entre celeste y verde, da como aceptable, en las zonas a lo largo de la tubería de PVC, la cual está en contacto directo con la carga originada.






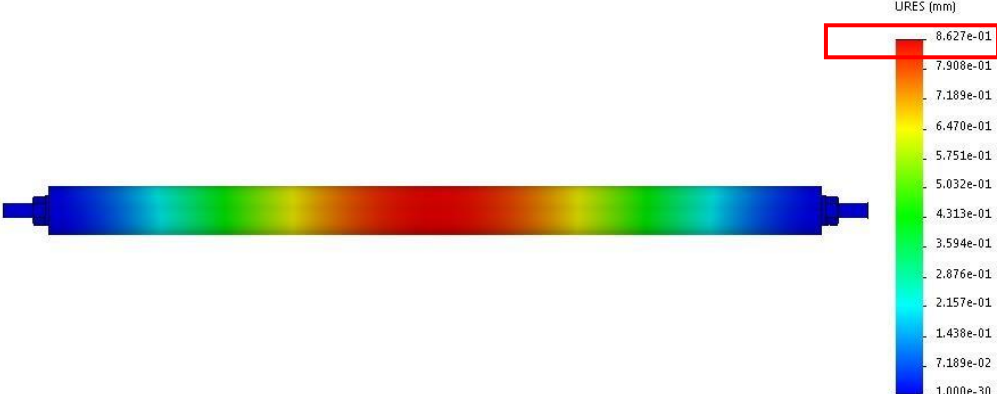
Análisis del Factor de Seguridad

En el análisis del Factor de Seguridad (FDS), es aceptable, por dar un valor mínimo de 5.6, el cual según Robert Mott sugiere que sea empleado, para el diseño de elementos de máquinas, con una incertidumbre máxima eficiente.



5.4.3. Validación por el método de elementos finitos del rodillo

Los resultados de los análisis según el método de elementos finitos son:

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA		Ingeniería Electromecánica
Resultados de análisis del rodillo		Pág. 1-2	
Análisis de Tensiones			
<p>En el análisis de tensiones, bajo el criterio de von Mises, da un esfuerzo máximo de 4.102 MPa y a través de la escala de colores en las zonas extremas de la tubería de PVC, la cual están en contacto con las cargas da un color combinado entre azul y celeste, el cual da como aceptable.</p>			
<div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <p>von Mises (N/mm² (MPa))</p> <p>4.922e+01</p> <p>4.512e+01</p> <p>4.102e+01</p> <p>3.692e+01</p> <p>3.281e+01</p> <p>2.871e+01</p> <p>2.461e+01</p> <p>2.051e+01</p> <p>1.641e+01</p> <p>1.231e+01</p> <p>8.203e+00</p> <p>4.102e+00</p> <p>0.000e+00</p> </div> </div>			
Análisis de desplazamiento			
<p>En el análisis de desplazamientos, definido en mm, da una deformación máxima de 0.8627 mm, el cual está dado en la parte central del rodillo, dando como válido por ser un valor mínimo el cual puede ser despreciable.</p>			
<div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <p>URES (mm)</p> <p>8.627e-01</p> <p>7.908e-01</p> <p>7.189e-01</p> <p>6.470e-01</p> <p>5.751e-01</p> <p>5.032e-01</p> <p>4.313e-01</p> <p>3.594e-01</p> <p>2.876e-01</p> <p>2.157e-01</p> <p>1.438e-01</p> <p>7.189e-02</p> <p>1.000e-30</p> </div> </div>			

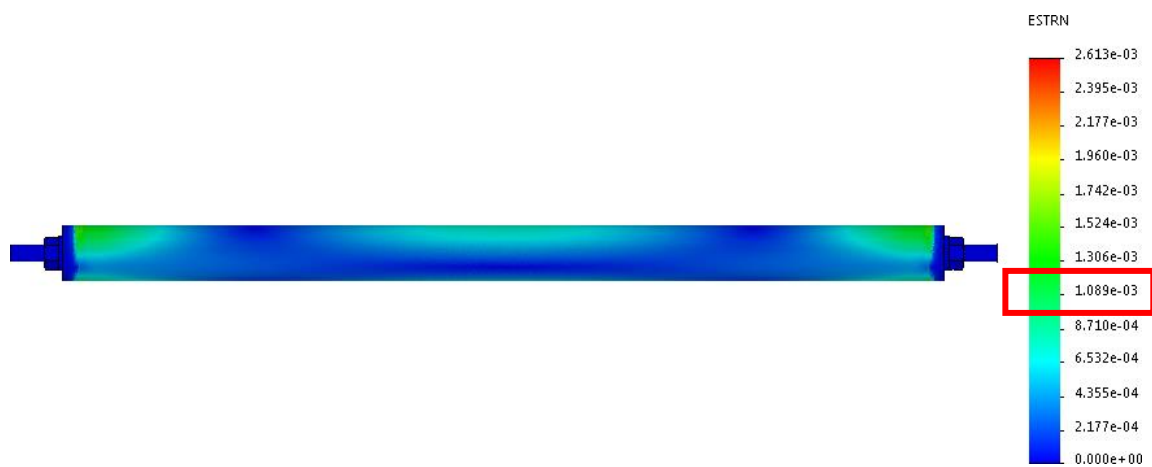


Resultados de análisis del rodillo

Pág. 2-2

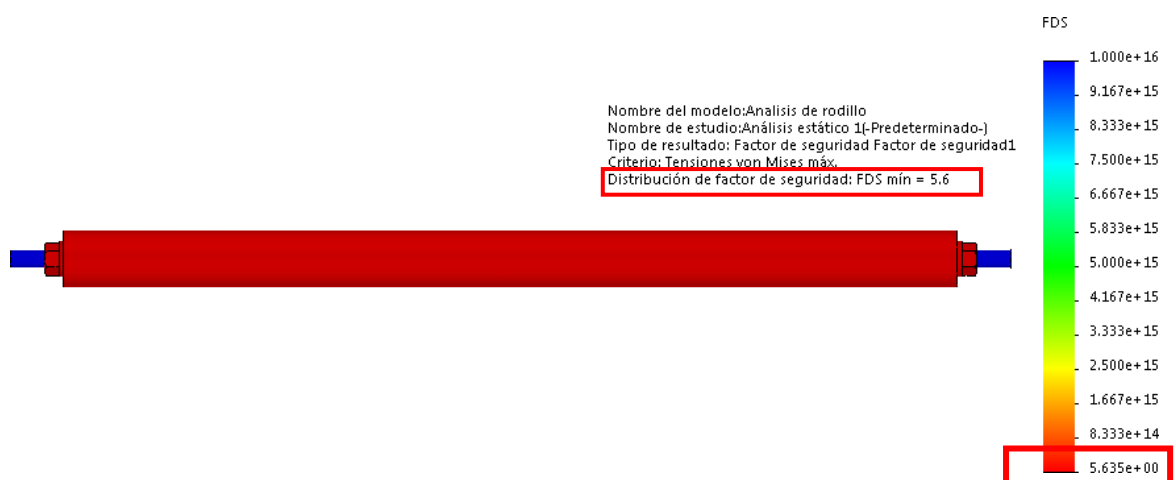
Análisis por Deformaciones Unitarias

En el análisis de deformaciones unitarias, de modo adimensional, da un valor de 0.001089 y a través de la escala de colores, da un color combinado entre celeste y verde, da como aceptable, en las zonas a lo largo de la tubería de PVC, la cual está en contacto directo con la carga originada.





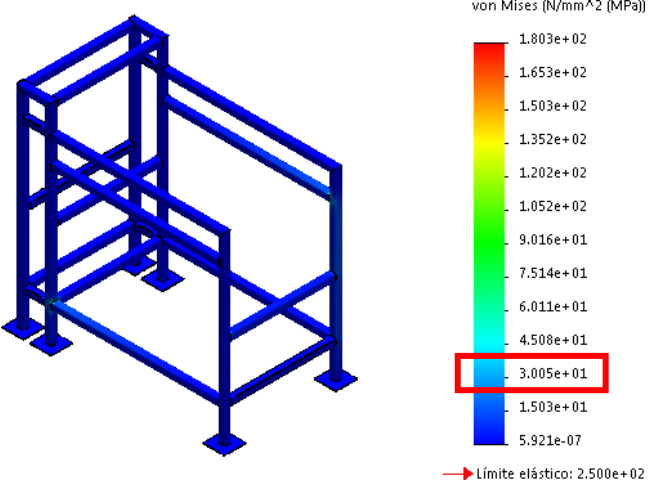
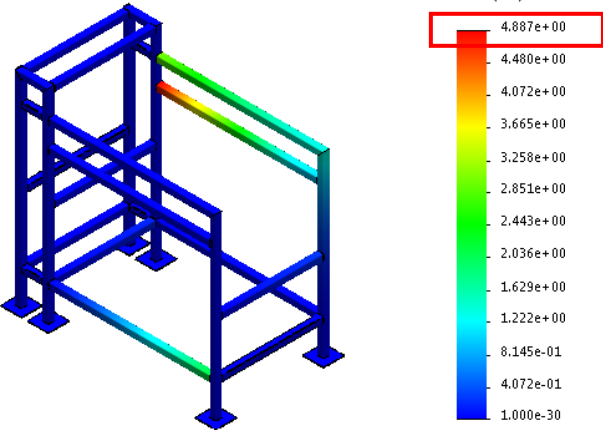
Análisis del Factor de Seguridad

En el análisis del Factor de Seguridad (FDS), es aceptable, por dar un valor mínimo de 5.6, el cual según Robert Mott sugiere que sea empleado, para el diseño de elementos de máquinas, con una incertidumbre máxima eficiente.



5.4.4. Validación por el método de elementos finitos de la estructura

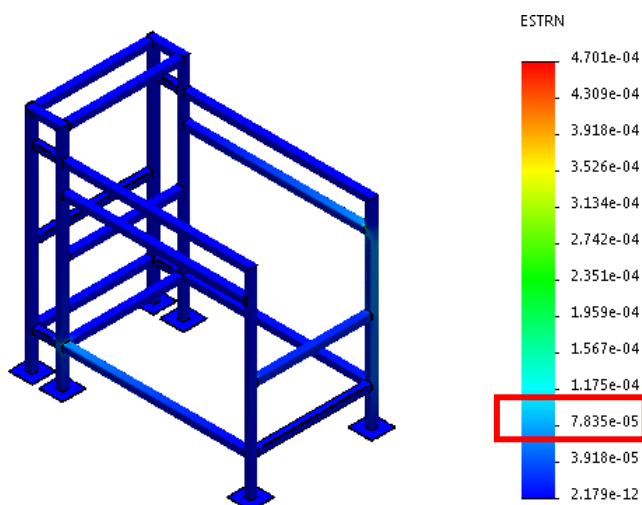
Modulo 1. Los resultados de los análisis según el método de elementos finitos son:

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA	 Ingeniería Electromecánica
Estructura de la bancada – modulo 1		Pág. 1-2
Análisis de Tensiones		
<p>En el análisis de tensiones, bajo el criterio de von Mises, da un esfuerzo máximo de 30.05 MPa y a través de la escala de colores en el parante inferior da un color combinado entre azul y celeste, el cual da como aceptable.</p>		
 <p>von Mises [N/mm² (MPa)]</p> <p>1.803e+02 1.653e+02 1.503e+02 1.352e+02 1.202e+02 1.052e+02 9.016e+01 7.514e+01 6.011e+01 4.508e+01 3.005e+01 1.503e+01 5.921e-07</p> <p>→ Límite elástico: 2.500e+02</p>		
Análisis de desplazamiento		
<p>En el análisis de desplazamientos, definido en mm, da una deformación máxima de 4.887 mm, el cual está dado en el parante lateral, dando como válido por ser un valor mínimo el cual puede ser despreciable.</p>		
 <p>URES (mm)</p> <p>4.887e+00 4.480e+00 4.072e+00 3.665e+00 3.258e+00 2.851e+00 2.443e+00 2.036e+00 1.629e+00 1.222e+00 8.145e-01 4.072e-01 1.000e-30</p>		



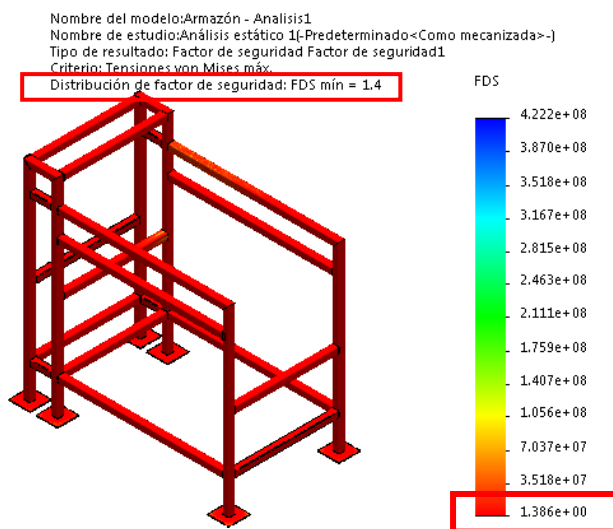
Análisis por Deformaciones Unitarias

En el análisis de deformaciones unitarias, de modo adimensional, da un valor de 0.00007835 y a través de la escala de colores, da un color celeste, el cual da como aceptable, en los parantes laterales.



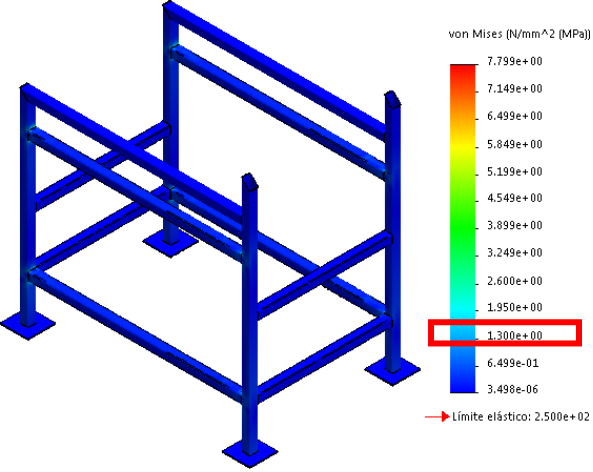
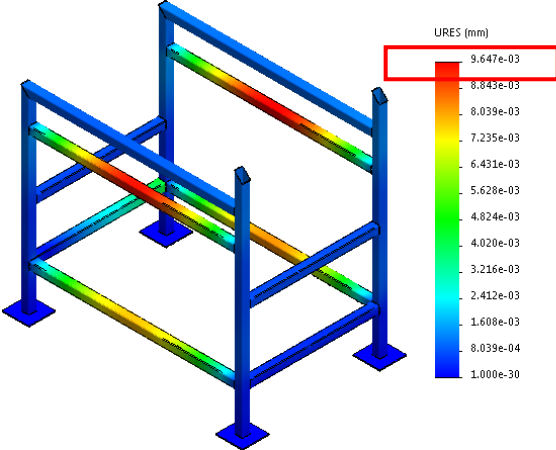


Análisis del Factor de Seguridad

En el análisis del Factor de Seguridad (FDS), es aceptable, por dar un valor mínimo de 1.4, el cual según Robert Mott sugiere que sea empleado, para el diseño de estructuras estáticas, con alto grado de confiabilidad.



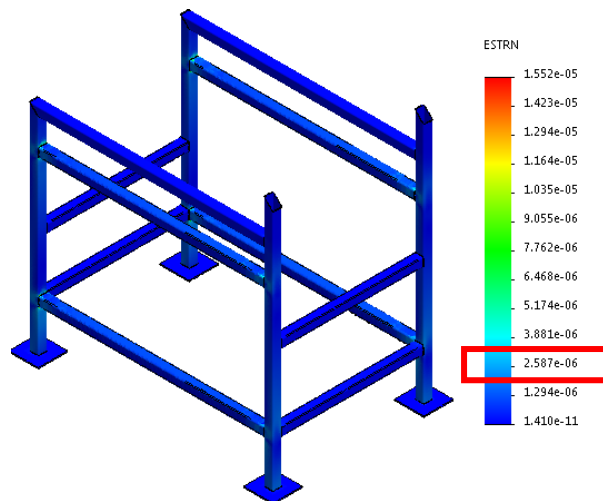
Modulo 2. Los resultados de los análisis según el método de elementos finitos son:

	<p>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA</p>	 <p>Ingeniería Electromecánica</p>
<p>Estructura de la bancada – modulo 2</p>		<p>Pág. 1-2</p>
<p>Análisis de Tensiones</p>		
<p>En el análisis de tensiones, bajo el criterio de von Mises, da un esfuerzo máximo de 1.3 MPa y a través de la escala de colores en los parantes laterales inferiores e intermedios, da un color combinado entre azul y celeste, el cual da como aceptable.</p>		
		
<p>Análisis de desplazamiento</p>		
<p>En el análisis de desplazamientos, definido en mm, da una deformación máxima de 0.009647 mm, el cual se visualiza en los parantes laterales, dando como válido por ser un valor mínimo el cual puede ser despreciable.</p>		
		



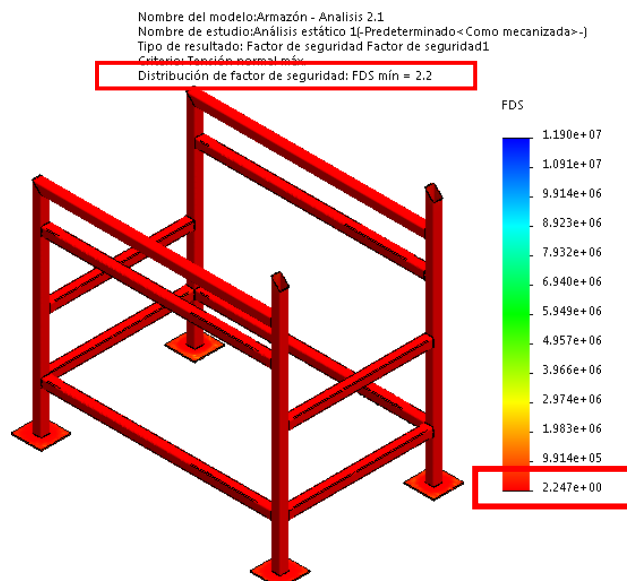
Análisis por Deformaciones Unitarias

En el análisis de deformaciones unitarias, de modo adimensional, da un valor de 0.000002587 y a través de la escala de colores, da un color celeste, el cual da como aceptable, en los parantes laterales.



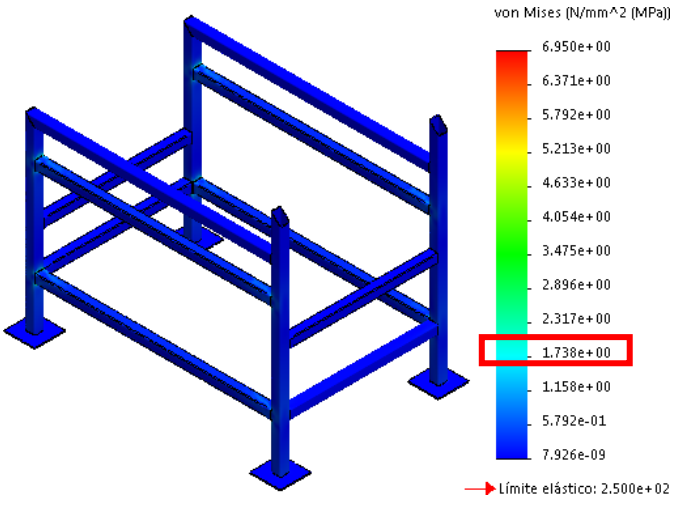
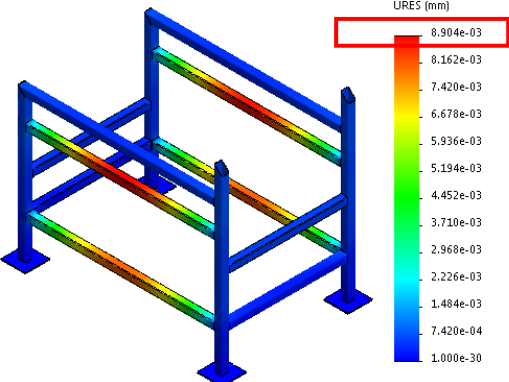


Análisis del Factor de Seguridad

En el análisis del Factor de Seguridad (FDS), es aceptable, por dar un valor mínimo de 2.2, el cual según Robert Mott sugiere que sea empleado, para el diseño de estructuras estáticas, con alto grado de confiabilidad.



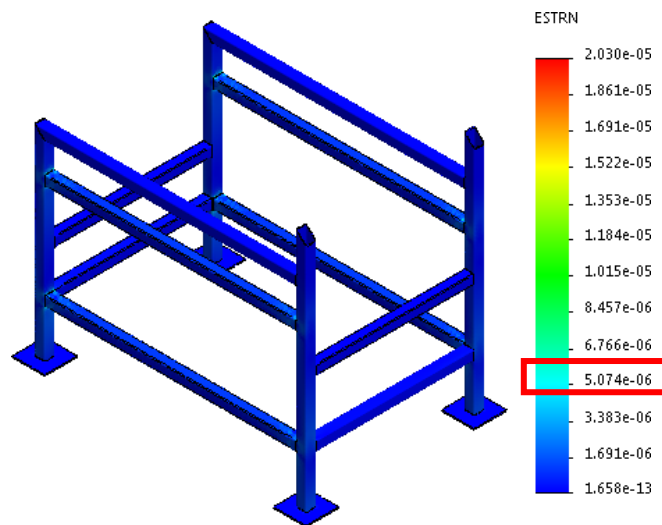
Modulo 3. Los resultados de los análisis según el método de elementos finitos son:

	<p>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA</p>	 <p>Ingeniería Electromecánica</p>
Estructura de la bancada – modulo 3		Pág. 1-2
Análisis de Tensiones		
<p>En el análisis de tensiones, bajo el criterio de von Mises, da un esfuerzo máximo de 1.738 MPa y a través de la escala de colores en los parantes laterales inferiores e intermedios, da un color celeste, el cual da como aceptable.</p>		
 <p style="text-align: right; font-size: small;">von Mises [N/mm² (MPa)]</p> <p style="text-align: right; font-size: x-small;">→ Límite elástico: 2.500e+02</p>		
Análisis de desplazamiento		
<p>En el análisis de desplazamientos, definido en mm, da una deformación máxima de 0.008904 mm, el cual se visualiza en los parantes laterales, dando como válido por ser un valor mínimo el cual puede ser despreciable.</p>		
 <p style="text-align: right; font-size: small;">URES (mm)</p>		



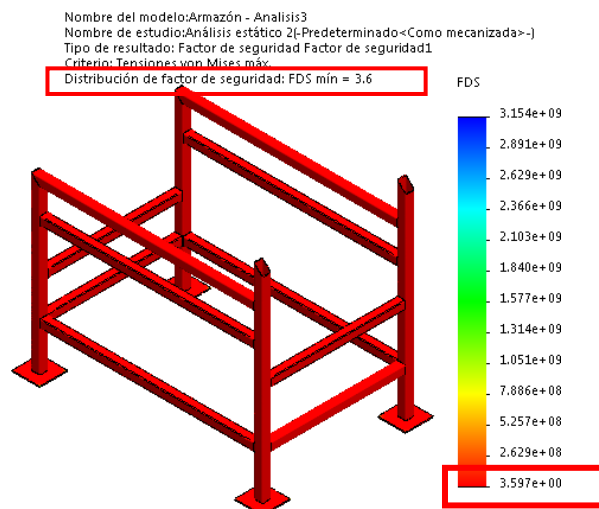
Análisis por Deformaciones Unitarias

En el análisis de deformaciones unitarias, de modo adimensional, da un valor de 0.000005074 y a través de la escala de colores, da un color celeste, el cual da como aceptable, en los parantes laterales.

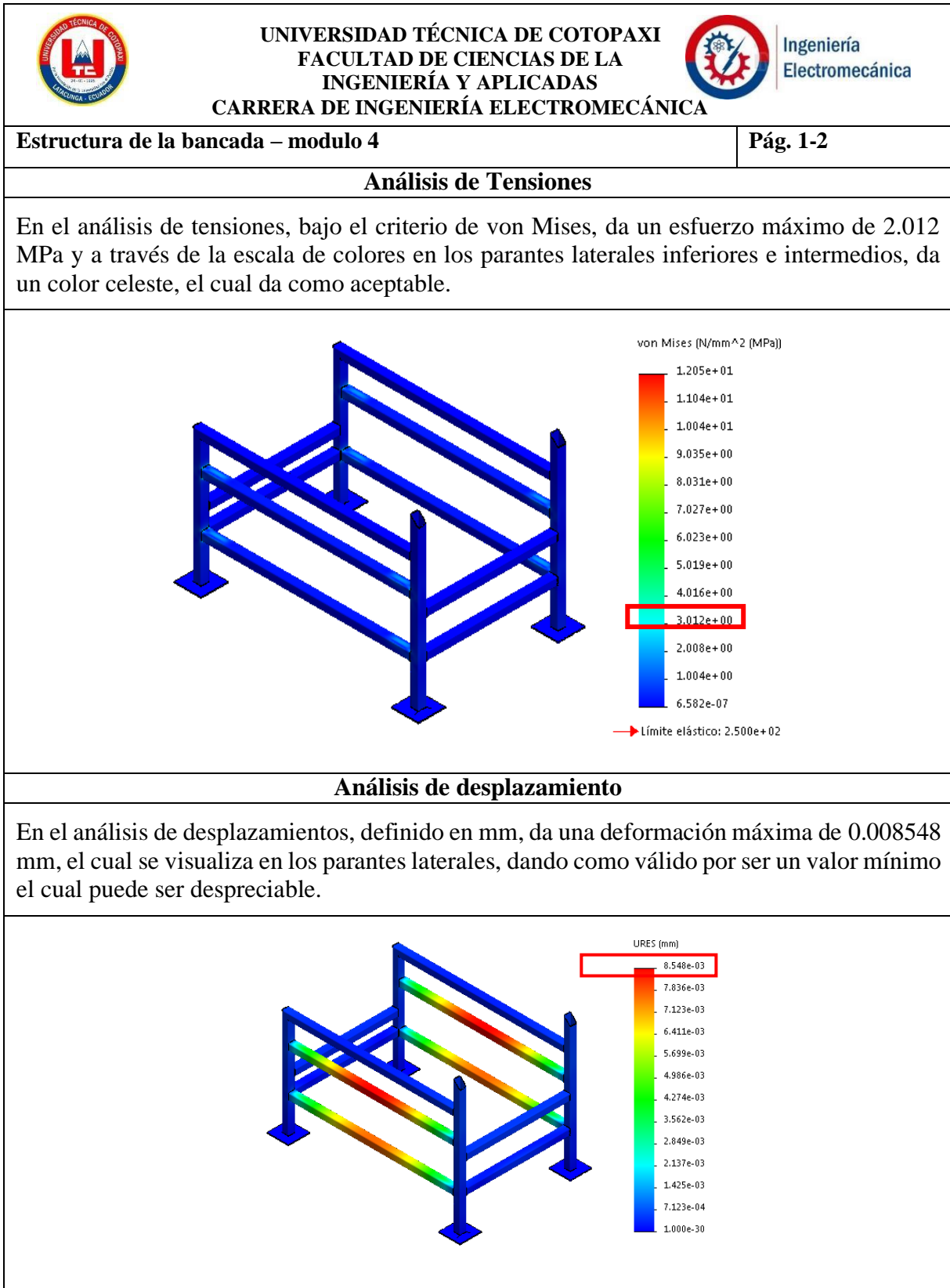


Análisis del Factor de Seguridad

En el análisis del Factor de Seguridad (FDS), es aceptable, por dar un valor mínimo de 3.6, el cual según Robert Mott sugiere que sea empleado, para el diseño de estructuras estáticas, con alto grado de confiabilidad.



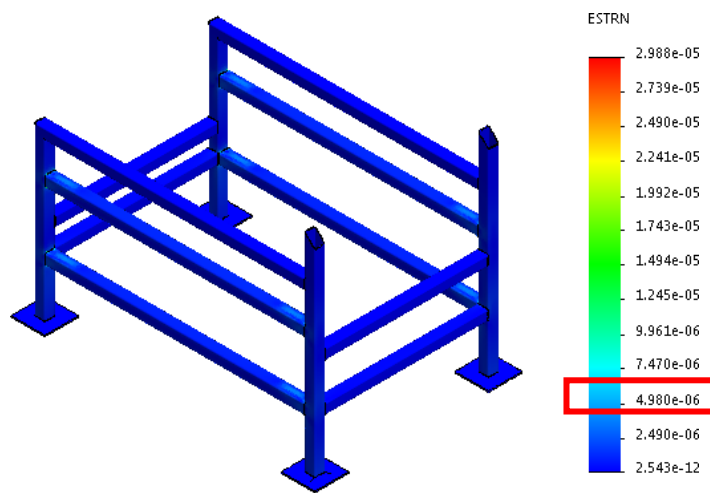
Modulo 4. Los resultados de los análisis según el método de elementos finitos son:





Análisis por Deformaciones Unitarias

En el análisis de deformaciones unitarias, de modo adimensional, da un valor de 0.00000498 y a través de la escala de colores, da un color celeste, el cual da como aceptable, en los parantes laterales.

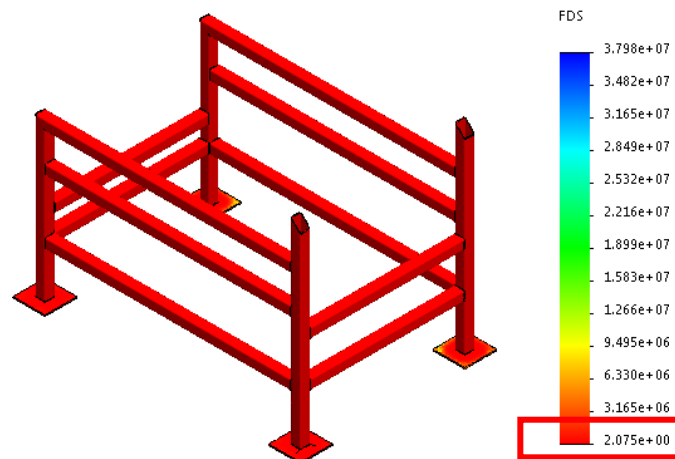


Análisis del Factor de Seguridad

En el análisis del Factor de Seguridad (FDS), es aceptable, por dar un valor mínimo de 2.1, el cual según Robert Mott sugiere que sea empleado, para el diseño de estructuras estáticas, con alto grado de confiabilidad.

Nombre del modelo: Armazón - Analisis4
Nombre de estudio: Análisis estático 2-(Predeterminado<Como mecanizada>-)
Tipo de resultado: Factor de seguridad Factor de seguridad1
Criterio: Tensiones von Mises máx

Distribución de factor de seguridad: FDS mín = 2.1



6. PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE IMPACTO

6.1. Presupuesto

A continuación, se detalla, un análisis de precios de los implementos y materiales a utilizar, los cuales se clasifican en dos grupos que son:

6.1.1. Costos directos

En esta sección se ubican los costos por materiales, equipos o accesorios a utilizar en la fabricación de la clasificadora de tomate.

Tabla 6-1: Detalle de costos directos de materiales

Clasificadora de tomate riñón			
Elemento	Cantidad	Valor. Unitario (\$)	Total (\$)
Estructura			
Tubo estructural cuadrado de 40 x 40 x 2 mm	7.5	20.00	150.00
Plancha de acero 1000 x 1200 x 5 mm	1	120.00	120.00
Tolva			
Plancha de acero de 1000 x 1200 x 2 mm	4	60.00	240.00
Eje guía			
Eje de acero de transmisión AISI 1018 de Ø=30 mm	2	30.00	60.00
Rodillo			
Eje de acero de transmisión AISI 1018 de Ø=15 mm	13.5	9.50	128.25
Tubería de PVC Ø=32 mm	13.5	7.30	98.55
Rodamientos SKF 6200	282	2.75	775.50
Arandela M10	282	0.11	31.02
Tuerca M10	282	0.32	90.24
Transmisión			
Cadena de eslabones	6	15.00	90.00

Cadena de transmisión	17	8.25	140.25
Ruedas de transmisión	32	7.25	232.00
Catalina de transmisión	5	5.50	27.50
Motor Eléctrico WEG de ½ hp	1	150	150.00
Chumacera para eje de Ø= 1 pulgada	32	8.15	260.80
Subtotal			2594.11
IVA 12%			311.29
Total			2905.40

Tabla 6-2: Detalle de costos directos por mano de obra

Clasificadora de tomate riñón			
Descripción	Horas	Valor. Unitario (\$)	Total (\$)
Torneado	60	5.00	300.00
Fresado	30	15.00	450.00
Soldado	40	10.00	400.00
Cortado	3	5.00	15.00
Doblado	3	2.50	7.50
Armado	40	5.00	200.00
Total			1372.50

6.1.2. Costos indirectos

En esta sección se ubican los costos por transporte, alimentación, gastos varios, entre otros.

Tabla 6-3: Detalle de costos indirectos

Clasificadora de tomate riñón	
Descripción	Total (\$)
Transporte	40.00
Alimentación	50.00
Gastos varios	40.00
Total	130.00

6.1.3. Presupuesto total

Tabla 6-4: Presupuesto total

Clasificadora de tomate riñón	
Descripción	Total (\$)
Costos directos de materiales	2905.40
Costos directos por mano de obra	1372.50
Costos indirectos	130.00
Total	4407.90

En base a un análisis financiero detallado en el Anexo XIX, donde se especifica que los ingresos anuales de una producción de 720 quintales de tomate riñón anuales a un precio definido de 30 \$ el quintal, donde se tienen como gastos de mano de obra, servicios básicos, costos de químicos, operación y mantenimiento se origina:

$$\text{VAN} = \$ 76.596,42$$

$$\text{TIR} = 81,203198\%$$

Con un

$$\text{TMAR} = 4.8\%$$

6.2. Impactos

6.2.1. Impacto práctico:

El tema de esta tesis abarca gran cantidad la información relacionada con elementos de producción definida en soporte estructural, mientras que el traslado de los productos se da mediante el empleo de rodillos, en tanto que los elementos de transmisión son las catalinas, cadenas de eslabones entre otros, así como chumaceras; finalmente se tiene elementos motrices donde destaca el motor y cadenas de rodillos, información que será de gran ayuda para la enseñanza de los estudiantes de generaciones actuales y futuras de la Carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

6.2.2. Impacto tecnológico

El diseño de la máquina clasificadora se emplean conocimientos de diseño mecánico, selección de materiales actuales que se pueden encontrar en el mercado local y nacional, con tecnología

muy avanzada, validando la selección de materiales por el método de elementos finitos, aplicando conocimientos actuales de ingeniería, para su adecuado dimensionamiento, permitiendo detectar errores significativos que puedan perjudicar al desarrollo de la clasificadora, por lo que se reducen a lo mínimo, mediante un software especial designado para el diseño.

6.2.3. Beneficios:

Los beneficios que ofrece el diseño de la clasificadora son:

- La manufacturación de la máquina, sin tener dudas que cumpla su función de manera adecuada.
- Ahorro de material, el cual emplea materia prima definida y establecida.
- Empleo de herramientas tecnológicas útiles para la construcción
- Clasificación del tomate riñón, en un menor tiempo ahorrándose la mano de obra y clasificando a los tomates de manera adecuada.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. Conclusiones

- Se consultó bibliografía relevante donde se destaca la división por tamaño, la conceptualización del producto, partes y producción de tomate riñón en el Ecuador, donde se destaca los tipos de productos, así como tipos clasificadoras, con materiales adecuados para su construcción.
- Los elementos que conforman la máquina clasificadora de tomate de riñón, son la estructura base, los elementos transmisores de potencia, los rodillos, motores, tolva de alimentación, bandeja de despacho, eslabones, cadena, chumaceras, ejes guías superiores e inferiores, ruedas dentadas, engranes y catalinas.
- El diseño de la máquina clasificadora de tomate, se define mediante la selección del tipo de máquina, así como del sistema de transmisión.
- La capacidad del producto se determinó en una producción por ciclos de hasta 11.14 Kg, por cada 40 segundos.
- El diseño de la máquina clasificadora se da para la tolva de ingreso de 200 x 500 x 150 mm, mientras que la varilla empleada para los rodillos tiene un diámetro de 12 mm, donde la velocidad angular es de 6.524 rad/seg; mientras que los ejes guías tienen un diámetro mayor a 25 mm, definiendo una potencia requerida de ½ hp.
- La simulación de los diferentes elementos constitutivos críticos, son aceptables para el diseño de estructuras estáticas los cuales varían de 1.4 a 3.6, según el módulo; así como para los elementos dinámicos de las máquinas los cuales ofrecen un FDS de hasta 75.

7.2. Recomendaciones

- La clasificación del tomate debe ser una actividad que optimice el tiempo y aproveche los recursos de producción al 100%, hacer uso de una máquina especializada es una inversión necesaria para garantizar las normas de manipulación de alimentos que hoy en día son importantes para precautelar la salud de los consumidores.

- Los recursos y materiales que se proponen deben ser de fácil acceso para evitar complicaciones al momento de la ejecución además deben cumplir con las especificaciones de dimensión y estructura que se proponen para que efectivice la clasificación, cabe recalcar que no deben superar los costos estimados de tal forma que se encuentre al alcance de todos los productores.
- Es importante motivar el desarrollo de proyectos entorno a las necesidades de la colectividad, los estudiantes de la carrera de Ingeniería Electromecánica podrían proponer planes de acción para mejorar las condiciones de trabajo de los pequeños productores como mecanismos de ayuden y apoyen en las actividades de su cotidianidad.

Bibliografía



- [1] C. Jeres, Máquina para clasificar y contabilizar la producción de tomates de árbol, Ibarra: UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE, 2017.
- [2] W. Fustamante y L. Vásquez, Diseño de una máquina automatizada clasificadora de cebolla por tamaño y color, Pimentel: Universidad Señor de Sipán, 2018.
- [3] I. Pazmiño, Construcción de un prototipo de máquina clasificadora y transportadora de frutas de acuerdo al tamaño para supermercados, Quito: Escuela Politécnica Nacional, 2012.
- [4] J. Silva, EVALUACIÓN DE CUATRO PROGRAMAS DE FERTILIZACIÓN FOLIAR COMPLEMENTARIA EN LA PRODUCCIÓN DE TOMATE RIÑÓN (*Solanum lycopersicum*) L. var. Sheila BAJO INVERNADERO, 2015, Quito: UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR, 2015.
- [5] EL COMERCIO, «Ocho variedades de tomate riñón están en los mercados locales,» 12 Marzo 2011. [En línea]. Available: <https://www.elcomercio.com/actualidad/negocios/ocho-variedades-de-tomate-rinon.html>. [Último acceso: 13 Junio 2020].
- [6] GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO PARROQUIAL DE PANZALEO, PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE LA PARROQUIA PANZALEO, Salcedo, 2015.
- [7] C. Alcalde y E. Bone, Diseño de una máquina clasificadora de tomate de 700 (kg/h) de capacidad, Quito: Escuela Politécnica Nacional, 2013.
- [8] D. Tene y J. Villagrán, Diseño y construcción de una máquina clasificadora de tomate riñón - Variedad Daniela de 80 cartones de 23 (kg/h) de capacidad, Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2017.
- [9] Otero, «Productos,» 2019. [En línea]. Available: <http://www.acerosotero.cl/productos.html>. [Último acceso: 14 Junio 2020].
- [10] URSSA, «Acero estructural,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.acerosurssa.es/es/content/40-acero-estructural#:~:text=A1%20igual%20que%20otros%20tipos,la%20ductilidad%20del%2>

Oproducto%20acabado.. [Último acceso: 14 Junio 2020].

- [11] DIPAC, «Productos,» 2016. [En línea]. Available: <http://www.dipacmanta.com/tubos/tubos-estructurales/tubo-estructural-cuadrado-galvanizado>. [Último acceso: 14 Junio 2020].
- [12] MIPSAs, «Marco Teórico,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.mipsa.com.mx/dotnetnuke/Sabias-que/Que-es-acero-inoxidable>. [Último acceso: 13 Junio 2020].
- [13] S. Leal, CARACTERIZACIÓN DE ACEROS INOXIDABLES Y ESTUDIO DE SU RESISTENCIA MECÁNICA Y CONFORMABILIDAD, SAN NICOLÁS DE LOS GARZA: UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN, 2011.
- [14] C. Riba, Diseño concurrente, España: ETSEIB - UPC, 2002.
- [15] R. Budynas y K. Nisbett, Diseño en ingeniería mecánica de Shigley, México D.F.: McGraw-Hill Interamericana, 2008.
- [16] R. Mott, Diseño de elementos de máquinas, Naucalpan: PEARSON EDUCACION, 2006.
- [17] Larburu, Máquinas Prontuario, Madrid: PARANINFO, 2001.
- [18] J. McCormac y S. Csernak, Diseño de estructuras de acero, México D.F.: Alfaomega, 2012.
- [19] J. Miranda, «FRICCION POR RODADURA,» APUNTES DE INGENIERIA MECANICA, 26 Mayo 2015. [En línea]. Available: <https://apuntes-ing-mecanica.blogspot.com/2015/05/titulo-friccion-subtitulo-friccion-por.html?m=0>. [Último acceso: 7 Agosto 2020].
- [20] P. Vallejo y J. Zambrano, FISICA VECTORIAL 1, ECUADOR: RODIN, 2010.
- [21] C. Bonifaz, Diseño y construcción de una máquina clasificadora de fresas a razón de 100 kg/hora, Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2017.

ANEXOS

ANEXO I. SELECCIÓN DEL TIPO DE MÁQUINA

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	 Ingeniería Electromecánica
Anexo I	Pág. 1-6	
<p>La selección del tipo de máquina se da en base al método de evaluación de soluciones, recomendado por Riba (2002), el cual debe tener presente dos elementos a seguir:</p> <ul style="list-style-type: none">- Alternativas<ul style="list-style-type: none">a) Máquina seleccionadora con redes neuronales = MSRNb) Máquina clasificadora con células fotoeléctricas = MCCFc) Máquina clasificadora por tambor giratorio = MCTGd) Máquina clasificadora de acuerdo a la masa = MCAMe) Máquinas clasificadoras con bandas transportadoras divisoras = MCBTDf) Máquina clasificadora con rodillos = MCR- Criterios<ul style="list-style-type: none">1. División por tamaño2. Fácil operación3. Fabricada con materiales existentes en el mercado4. Costo accesible5. Fácil montaje y desmontaje de sus elementos6. Seguridad de operación7. Fácil mantenimiento <p>Jerarquización de criterios</p> <p>La jerarquización de criterios se da de la siguiente manera:</p> $1 > 2 = 3 > 4 > 5 = 6 > 7$ <p>Valorización de criterios</p> <ul style="list-style-type: none">- 1 cuando el criterio de las filas es mejor que el dado en las columnas- 0.5 cuando el criterio de las filas es similar al dado en las columnas- 0 cuando el criterio de las filas es peor que el dado en las columnas		



Evaluación de los criterios

Tabla 1: Evaluación por criterio según el tipo de máquina

Criterio	División por tamaño	Fácil operación	Materiales existentes	Costo accesible	Fácil montaje y desmontaje de sus elementos	Seguridad de operación	Fácil mantenimiento	$\Sigma+1$	Ponderado
División por tamaño		1	1	1	1	1	1	7.0	0.25
Fácil operación	0		0.5	1	1	1	1	5.5	0.20
Materiales existentes	0	0.5		1	1	1	1	5.5	0.20
Costo accesible	0	0	0		1	1	1	4.0	0.14
Fácil montaje y desmontaje de sus elementos	0	0	0	0		0.5	1	2.5	0.09
Seguridad de operación	0	0	0	0	0.5		1	2.5	0.09
Fácil mantenimiento	0	0	0	0	0	0		1.0	0.03
Total								28	1.00

Fuente: [14]

Elaborado por: Espín y Palomo



Evaluación por cada criterio

Tabla 2: Evaluación del criterio de división por tamaño

División por tamaño	MSRN	MCCF	MCTG	MCAM	MCBTD	MCR	$\sum +1$	Ponderado
MSRN		0,5	0	0	0	0	1.5	0.08
MCCF	0.5		0	0	0	0	1.5	0.08
MCTG	1	1		0.5	0.5	0.5	4.5	0.21
MCAM	1	1	0.5		0.5	0.5	4.5	0.21
MCBTD	1	1	0.5	0.5		0.5	4.5	0.21
MCR	1	1	0.5	0.5	0.5		4.5	0.21
Total							21.0	1.00

Fuente: [14]

Elaborado por: Espín y Palomo

Tabla 3: Evaluación del criterio de fácil operación

Fácil operación	MSRN	MCCF	MCTG	MCAM	MCBTD	MCR	$\sum +1$	Ponderado
MSRN		0	0	0	0	0	1.0	0.05
MCCF	1		1	0.5	0.5	0.5	4.5	0.20
MCTG	1	0		0	0	0	2.0	0.10
MCAM	1	0.5	1		0	0	3.5	0.15
MCBTD	1	0.5	1	1		0.5	5.0	0.25
MCR	1	0.5	1	1	0.5		5.0	0.25
Total							21.0	1.00

Fuente: [14]

Elaborado por: Espín y Palomo



Tabla 4: Evaluación del criterio de fabricación con materiales existentes

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

Fuente: [14]

Elaborado por: Espín y Palomo

Tabla 5: Evaluación del criterio de costos accesibles

Costos accesibles	MSRN	MCCF	MCTG	MCAM	MCBTD	MCR	$\Sigma+1$	Ponderado
MSRN		0	0	0	0	0	1.0	0.05
MCCF	1		0	0	0	0	2.0	0.09
MCTG	1	1		1	1	0.5	5.5	0.26
MCAM	1	1	0		1	0	4.0	0.20
MCBTD	1	1	0	0		0	3.0	0.14
MCR	1	1	0.5	1	1		5.5	0.26
Total							21.0	1.00

Fuente: [14]

Elaborado por: Espín y Palomo



Tabla 6: Evaluación del criterio de fácil montaje y desmontaje de los elementos

Fácil montaje y desmontaje	MSRN	MCCF	MCTG	MCAM	MCBTD	MCR	$\sum +1$	Ponderado
MSRN		0	0	0	0	0	1.0	0.05
MCCF	1		0	0	0	0	2.0	0.09
MCTG	1	1		1	1	0	5.0	0.24
MCAM	1	1	0		1	0	4.0	0.20
MCBTD	1	1	0	0		0	3.0	0.14
MCR	1	1	1	1	1		6.0	0.28
Total							21.0	1.00

Fuente: [14]

Elaborado por: Espín y Palomo

Tabla 7: Evaluación del criterio de seguridad de operación

Seguridad de operación	MSRN	MCCF	MCTG	MCAM	MCBTD	MCR	$\sum +1$	Ponderado
MSRN		1	1	1	1	1	6.0	0.28
MCCF	0		1	1	1	1	5.0	0.25
MCTG	0	0		0	0	0	1.0	0.05
MCAM	0	0	1		0.5	0.5	3.0	0.14
MCBTD	0	0	1	0.5		0.5	3.0	0.14
MCR	0	0	1	0.5	0.5		3.0	0.14
Total							21.0	1.00

Fuente: [14]

Elaborado por: Espín y Palomo



Tabla 8: Evaluación del criterio de fácil mantenimiento

Fácil mantenimiento	MSRN	MCCF	MCTG	MCAM	MCBTD	MCR	$\Sigma+1$	Ponderado
MSRN	1	0	0	0	0	0	2.0	0.09
MCCF	0	1	0	0	0	0	1.0	0.05
MCTG	1	1	1	0.5	1	0.5	5.0	0.24
MCAM	1	1	0.5	1	1	0.5	5.0	0.24
MCBTD	1	1	0	0	1	0	3.0	0.14
MCR	1	1	0.5	0.5	1	1	5.0	0.24
Total							21.0	1.00

Fuente: [14]

Elaborado por: Espín y Palomo

ANEXO II. 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 Riba (2002), el cual debe tener presente dos elementos a seguir, definidos como:

- **Alternativas de mecanismos a utilizar**

- a) Banda – polea
- b) Cadena – catalina
- c) Piñón - engrane

- **Criterios**

- 1. Mayor eficiencia
- 2. Facilidad de adquisición
- 3. Costo accesible
- 4. Fácil montaje y desmontaje de sus elementos
- 5. Fácil mantenimiento

Jerarquización de criterios

La jerarquización de criterios se da de la siguiente manera:

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

Valorización de criterios

- 1 cuando el criterio de las filas es mejor que el dado en las columnas
- 0.5 cuando el criterio de las filas es similar al dado en las columnas
- 0 cuando el criterio de las filas es peor que el dado en las columnas



Evaluación de los criterios

Tabla 9: Evaluación por criterio según el sistema de transmisión a utilizar

Criterio	Mayor eficiencia	Facilidad de adquisición	Costo accesible	Fácil montaje y desmontaje de sus elementos	Fácil mantenimiento	$\Sigma+1$	Ponderado
Mayor eficiencia		1	1	1	1	5.0	0.333
Facilidad de adquisición	0		0.5	1	1	3.5	0.233
Costo accesible	0	0.5		1	1	3.5	0.233
Fácil montaje y desmontaje	0	0	0		1	2.0	0.134
Fácil mantenimiento	0	0	0	0		1.0	0.067
Total						15.0	1.000

Fuente: [14]

Elaborado por: Espín y Palomo



Evaluación por cada criterio

Tabla 10: Evaluación del criterio de mayor eficiencia

Mayor eficiencia	Banda – polea	Cadena – catalina	Piñón - engrane	$\Sigma+1$	Ponderado
Banda - polea		0	1	2.0	0.333
Cadena – catalina	1		1	3.0	0.500
Piñón - engrane	0	0		1.0	0.167
Total				6.0	1.000

Fuente: [14]

Elaborado por: Espín y Palomo

Tabla 11: Evaluación del criterio de facilidad de adquisición

Facilidad de adquisición	Banda – polea	Cadena – catalina	Piñón - engrane	$\Sigma+1$	Ponderado
Banda - polea		0	1	2.0	0.333
Cadena – catalina	1		1	3.0	0.500
Piñón - engrane	0	0		1.0	0.167
Total				6.0	1.000

Fuente: [14]

Elaborado por: Espín y Palomo



Tabla 12: Evaluación del criterio de costos accesibles

Costos accesibles	Banda – polea	Cadena – catalina	Piñón - engrane	$\Sigma+1$	Ponderado
Banda - polea	0.5	0.5	1	2.5	0.42
Cadena – catalina	0.5	0.5	1	2.5	0.42
Piñón - engrane	0	0	1	1.0	0.16
Total				6.0	1.00

Fuente: [14]

Elaborado por: Espín y Palomo

Tabla 13: Evaluación del criterio de facilidad de montaje y desmontaje de los elementos

Facilidad de montaje y desmontaje de los elementos	Banda – polea	Cadena – catalina	Piñón - engrane	$\Sigma+1$	Ponderado
Banda - polea	0.5	0.5	1	2.5	0.42
Cadena – catalina	0.5	0.5	1	2.5	0.42
Piñón - engrane	0	0	1	1.0	0.16
Total				6.0	1.00

Fuente: [14]

Elaborado por: Espín y Palomo



Tabla 14: Evaluación del criterio de facilidad de mantenimiento

Facilidad de mantenimiento	Banda – polea	Cadena – catalina	Piñón - engrane	$\Sigma+1$	Ponderado
Banda - polea		0.5	1	2.5	0.42
Cadena – catalina	0.5		1	2.5	0.42
Piñón - engrane	0	0		1.0	0.16
Total				6.0	1.00

Fuente: [14]

Elaborado por: Espín y Palomo

ANEXO III. SELECCIÓN DE MATERIALES A EMPLEAR EN LOS EJES GUÍAS.



La selección de los materiales emplear en los ejes guías al igual que el tipo de máquina a clasificar, se da en base al método de evaluación de soluciones, recomendado por Riba (2002), el cual debe tener presente dos elementos a seguir, definidos como:

- **Alternativas de materiales**

- a) Acero AISI 1018
- b) Acero AISI 304
- c) Acero AISI 1045
- d) Aluminio

- **Criterios**

- 1. Costo accesible
- 2. Facilidad de adquisición
- 3. Aplicación
- 4. Mejor resistencia mecánica
- 5. Mejor fluencia del material
- 6. Mayor tenacidad
- 7. Mejor maleabilidad

Jerarquización de criterios

La jerarquización de criterios se da de la siguiente manera:

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

Valorización de criterios

- 1 cuando el criterio de las filas es mejor que el dado en las columnas
- 0.5 cuando el criterio de las filas es similar al dado en las columnas
- 0 cuando el criterio de las filas es peor que el dado en las columnas



Evaluación de los criterios

Tabla 15: Evaluación por criterio según los materiales a emplear en los ejes guías.

Criterio	Costo accesible	Facilidad de adquisición	Aplicación	Resistencia mecánica	Fluencia del material	Mayor tenacidad	Mejor maleabilidad	$\Sigma+1$	Ponderado
Costo accesible	1	1	1	1	1	1	1	7	0.25
Facilidad de adquisición	0	1	1	1	1	1	1	6	0.21
Aplicación	0	0	1	1	1	1	1	5	0.18
Resistencia mecánica	0	0	0	0.5	1	1	1	3.5	0.13
Fluencia del material	0	0	0	0.5	1	1	1	3.5	0.13
Mayor tenacidad	0	0	0	0	0	0.5	1	1.5	0.05
Mejor maleabilidad	0	0	0	0	0	0.5	1	1.5	0.05
Total								28.0	1.00

Fuente: [14]

Elaborado por: Espín y Palomo



Evaluación por cada criterio

Tabla 16: Evaluación del criterio de costo accesible

Costo accesible	Acero AISI 1018	Acero AISI 304	Acero AISI 1045	Aluminio	$\Sigma+1$	Ponderado
Acero AISI 1018	1	1	1	1	4	0.4
Acero AISI 304	0	1	0	0	1	0.1
Acero AISI 1045	0	1	1	1	3	0.3
Aluminio	0	1	0	1	2	0.2
Total					10	1.0

Fuente: [14]

Elaborado por: Espín y Palomo

Tabla 17: Evaluación del criterio de facilidad de adquisición

Facilidad de adquisición	Acero AISI 1018	Acero AISI 304	Acero AISI 1045	Aluminio	$\Sigma+1$	Ponderado
Acero AISI 1018	1	1	1	1	4	0.40
Acero AISI 304	0	1	1	0.5	2.5	0.25
Acero AISI 1045	0	0	1	0	1	0.10
Aluminio	0	0.5	1	1	2.5	0.25
Total					10	1.00

Fuente: [14]

Elaborado por: Espín y Palomo



Tabla 18: Evaluación del criterio de aplicación

Aplicación	Acero AISI 1018	Acero AISI 304	Acero AISI 1045	Aluminio	$\Sigma+1$	Ponderado
Acero AISI 1018		0.5	0.5	0.5	2.5	0.25
Acero AISI 304	0.5		0.5	0.5	2.5	0.25
Acero AISI 1045	0.5	0.5		0.5	2.5	0.25
Aluminio	0.5	0.5	0.5		2.5	0.25
Total					10.0	1.00

Fuente: [14]

Elaborado por: Espín y Palomo

Tabla 19: Evaluación del criterio de mejor resistencia mecánica

Mejor resistencia mecánica	Acero AISI 1018	Acero AISI 304	Acero AISI 1045	Aluminio	$\Sigma+1$	Ponderado
Acero AISI 1018		0	0	1	2	0.2
Acero AISI 304	1		0	1	3	0.3
Acero AISI 1045	1	1		1	4	0.4
Aluminio	0	0	0		1	0.1
Total					10	1.0

Fuente: [14]

Elaborado por: Espín y Palomo



Tabla 20: Evaluación del criterio de mejor fluencia del material

Mejor fluencia del material	Acero AISI 1018	Acero AISI 304	Acero AISI 1045	Aluminio	$\Sigma+1$	Ponderado
Acero AISI 1018	1	0	0	1	3	0.3
Acero AISI 304	0	1	0	1	2	0.2
Acero AISI 1045	1	1	1	1	4	0.4
Aluminio	0	0	0	1	1	0.1
Total					10	1.0

Fuente: [14]

Elaborado por: Espín y Palomo

Tabla 21: Evaluación del criterio de mayor tenacidad

Mayor tenacidad	Acero AISI 1018	Acero AISI 304	Acero AISI 1045	Aluminio	$\Sigma+1$	Ponderado
Acero AISI 1018	1	0	0	1	3	0.3
Acero AISI 304	0	1	0	1	2	0.2
Acero AISI 1045	1	1	1	1	4	0.4
Aluminio	0	0	0	1	1	0.1
Total					10	1.0

Fuente: [14]

Elaborado por: Espín y Palomo



Tabla 22: Evaluación del criterio de mejor maleabilidad

Mejor maleabilidad	Acero AISI 1018	Acero AISI 304	Acero AISI 1045	Aluminio	$\Sigma+1$	Ponderado
Acero AISI 1018	1	0	0	0	1	0.1
Acero AISI 304	0	1	0	0	1	0.1
Acero AISI 1045	0	0	1	0	1	0.1
Aluminio	1	1	1	1	4	0.4
Total					10	1.0

Fuente: [14]

Elaborado por: Espín y Palomo

ANEXO IV. MATERIAL EMPLEADO EN LOS EJES Y VARILLAS



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



Ingeniería
Electromecánica

Anexo III

Pág. 1-1

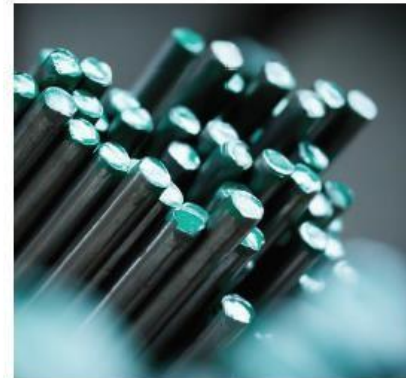
Acero AISI 1018 (Transmisión)

EQUIVALENCIAS:	
BÖHLER:	1018
IBCA:	1018
UDDEHOLM:	--
DIN:	C18
No. Mat.	1.0401

Tipo de aleación:

C 0.20 **Si** 0.19 **Mn** 0.40 **Cr** - **Mo** - **Ni** - %

Estado de suministro: Trefilado (pulido) h11



PROPIEDADES – APLICACIONES

Acero al carbono de mediana resistencia mecánica, buena ductilidad, fácil mecanizado y excelente soldabilidad.

Para la fabricación de partes de maquinaria sometida a bajos esfuerzos como: ejes, pines, bocines, pernos grado 2, tuercas, cuñas, remaches, arandelas y muchas aplicaciones más.

TRATAMIENTO TÉRMICO

Normalizado:	910-930°C
Recocido:	860-880°C
Temple:	840-870°C
Dureza	255 HB
Revenido:	150-230°C

PROPIEDADES MECÁNICAS

Diámetro mm	Sy (N/mm ²)	Sut (N/mm ²)
-	370	440

ANEXO V. MATERIAL EMPLEADO EN LOS RODILLOS – TUBOS DE PVC



Tuberías y accesorios de PVC y PE BD

TUBERÍAS DE PVC PARA USO AGRÍCOLA



Unión por sellado elastomérico (U/Z)



Unión por cementado solvente (E/C)

Plastigama es la primera marca en el país que ha desarrollado una avanzada tecnología en la fabricación de tuberías de PVC para sistemas de riego a gravedad y/o presurizados, sistemas de captación de aguas subterráneas y todo tipo de instalaciones para uso agropecuario.

La fabricación y control de calidad de la línea de tuberías y accesorios de PVC para presión se basan en la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1373, mientras que la fabricación y control de calidad de la tubería de PVC de baja presión para uso agrícola se basan en la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1369.

VENTAJAS

- Con certificado de conformidad con sello INEN.
- Amplia gama de diámetros y presiones.
- Calidad garantizada.
- Tubos de 6 metros útiles más campana.
- No se produce corrosión galvánica y/o electrolítica, ni la formación de depósitos o incrustaciones en las paredes interiores, conservando inalterable su sección hidráulica.
- Por la inercia química del compuesto de PVC y sus aditivos resisten al ataque de aguas y suelos agresivos y aplicación de fertilizantes.
- No favorecen la adherencia de algas, hongos, moluscos, etc.
- Trabajan a grandes presiones y con periodos de vida útil prolongados.
- Su módulo de elasticidad le permite una alta resistencia a las sobrepresiones hidrostáticas por golpe de ariete y a los esfuerzos producidos por cargas externas del material de relleno, de tráfico y sísmicas.
- Su bajo coeficiente de fricción con respecto a otros materiales, asegura una mayor capacidad de conducción.
- Su bajo peso facilita el transporte, manipuleo e instalación.
- Resistes asentamientos diferenciales y permiten deflexiones.



Diámetro Nominal (mm)		Diámetro Interior mm	Espesor Nominal mm	Presión de Trabajo		
UNIÓN U/Z	UNIÓN E/C			MPa	PSI (lb/pulg ²)	Kgf/cm ²
	20	17.8	1.1	1.25	181	12.75
		16.8	1.6	2.00	290	20.40
	25	22.8	1.1	1.00	145	10.20
		21.8	1.6	1.60	232	16.32
	32	29.8	1.1	0.80	116	8.16
		28.8	1.6	1.25	181	12.75
	40	37.8	1.1	0.63	91	6.43
		36.8	1.6	1.00	145	10.20
		36.0	2.0	1.25	181	12.75
50		47.4	1.3	0.63	91	6.43
		46.8	1.6	0.80	116	8.16
		46.0	2.0	1.00	145	10.20
		45.0	2.5	1.25	181	12.75
63		59.8	1.6	0.63	91	6.43
		58.8	2.1	0.80	116	8.16
		58.0	2.5	1.00	145	10.20
		56.8	3.1	1.25	181	12.75
75		72.0	1.5	0.50	73	5.10
		71.2	1.9	0.63	91	6.43
		70.2	2.4	0.80	116	8.16
		69.0	3.0	1.00	145	10.20
		67.6	3.7	1.25	181	12.75
90		86.4	1.8	0.50	73	5.10
		85.4	2.3	0.63	91	6.43
		84.2	2.9	0.80	116	8.16
		82.8	3.6	1.00	145	10.20
		81.2	4.4	1.25	181	12.75
110		105.6	2.2	0.50	73	5.10
		104.6	2.7	0.63	91	6.43
		103.2	3.4	0.80	116	8.16
		101.6	4.2	1.00	145	10.20
		99.6	5.2	1.25	181	12.75
140		134.4	2.8	0.50	73	5.10
		133.2	3.4	0.63	91	6.43
		131.4	4.3	0.80	116	8.16

ANEXO VI. TUBERÍA EMPLEADA PARA LA ESTRUCTURA



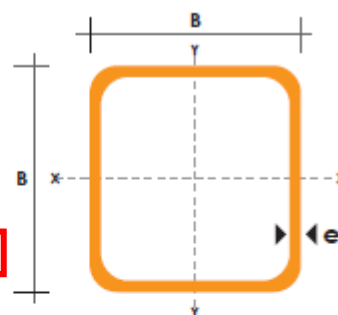
TUBO ESTRUCTURAL CUADRADO

Especificaciones Generales



Norma	ASTM A-500
Recubrimiento	Negro o galvanizado
Largo normal	6 mts.
Otros largos	Previa Consulta
Dimensiones	Desde 20mm a 100mm
Espesor	Desde 2,0mm a 3,0mm



DIMENSIONES			AREA	EJES X-Xe Y-Y		
A mm	ESPESOR mm	PESO Kg/m	AREA cm ²	I cm ⁴	W cm ³	i cm
20	1,2	0,72	0,90	0,53	0,53	0,77
20	1,5	0,88	1,05	0,58	0,58	0,74
20	2,0	1,15	1,34	0,69	0,69	0,72
25	1,2	0,90	1,14	1,08	0,87	0,97
25	1,5	1,12	1,35	1,21	0,97	0,95
25	2,0	1,47	1,74	1,48	1,18	0,92
30	1,2	1,09	1,38	1,91	1,28	1,18
30	1,5	1,35	1,65	2,19	1,46	1,15
30	2,0	1,78	2,14	2,71	1,81	1,13
40	1,2	1,47	1,80	4,38	2,19	1,25
40	1,5	1,82	2,25	5,48	2,74	1,58
40	2,0	2,41	2,94	6,93	3,46	1,54
40	3,0	3,54	4,44	10,20	5,10	1,52
50	1,5	2,29	2,85	11,06	4,42	1,97
50	2,0	3,03	3,74	14,13	5,65	1,94
50	3,0	4,48	5,61	21,20	8,48	1,91
60	2,0	3,66	3,74	21,26	7,09	2,39
60	3,0	5,42	6,61	35,06	11,69	2,34
75	2,0	4,52	5,74	50,47	13,46	2,97
75	3,0	6,71	8,41	71,54	19,08	2,92
75	4,0	8,59	10,95	89,98	24,00	2,87
100	2,0	6,17	7,74	122,99	24,60	3,99
100	3,0	9,17	11,41	176,95	35,39	3,94
100	4,0	12,13	14,95	226,09	45,22	3,89
100	5,0	14,40	18,36	270,57	54,11	3,84



ANEXO VII. FACTOR DE SEGURIDAD

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	 Ingeniería Electromecánica
Anexo VII	Pág. 1-1	
<p>Materiales dúctiles</p> <ol style="list-style-type: none">1. $N = 1.25$ a 2.0. El diseño de estructuras bajo cargas estáticas, para las que haya un alto grado de confianza en todos los datos del diseño.2. $N = 2.0$ a 2.5. Diseño de elementos de máquina bajo cargas dinámicas con una confianza promedio en todos los datos de diseño. Es la que se suele emplear en la solución de los problemas de este libro.3. $N = 2.5$ a 4.0. Diseño de estructuras estáticas o elementos de máquina bajo cargas dinámicas con incertidumbre acerca de las cargas, propiedades de los materiales, análisis de esfuerzos o el ambiente.4. $N = 4.0$ o más. Diseño de estructuras estáticas o elementos de máquinas bajo cargas dinámicas, con incertidumbre en cuanto a alguna combinación de cargas, propiedades del material, análisis de esfuerzos o el ambiente. El deseo de dar una seguridad adicional a componentes críticos puede justificar también el empleo de estos valores.		

ANEXO VIII. RODAMIENTOS

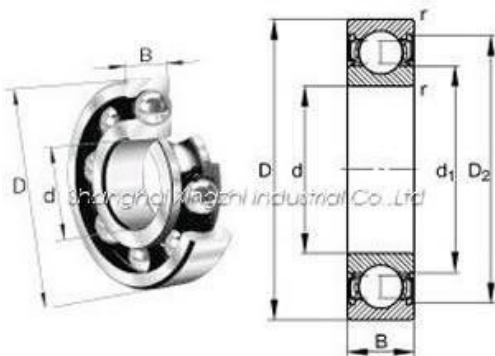


SKF 6200-2RS rodamientos

SKF 6200-2RS Rodamientos tamaño Detalles:

Marcas:	SKF Rodamientos
categoría:	Rodamientos rígidos de bolas
Modelo:	6200-2RS
Diámetro interior(d):	10 mm
Diámetro exterior(D):	30 mm
Ancho(B):	9 mm
Cr:	5.4 N
C0r:	2.36 N
Grease RPM:	17000 1/min
RPM Aceite:	- 1/min
peso(m):	0.032 kg
Nuevo Modelo:	6200-2RS
Viejo Modelo:	6200-2RSH

6200-2RS Rodamientos de dibujo:



ANEXO XI. MOTOR



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



Ingeniería
Electromecánica

Anexo XI

Pág. 1-1



HOJA DE DATOS

Motor Trifásico de Inducción - Rotor de Jaula



Cliente	:		
Línea del producto	: W22 Standard Efficiency Trifásico	Código del producto :	13009554
Carcasa	: 143/5T	Tiempo de rotor bloqueado	: 28s (frío) 16s (caliente)
Potencia	: 0.5 HP (0.37 kW)	Elevación de temperatura ^{<sup>4</sup>}	: 80 K
Polos	: 10	Régimen de servicio	: Cont.(S1)
Frecuencia	: 60 Hz	Temperatura ambiente	: -20°C hasta +40°C
Tensión nominal	: 208-230/460 V	Temperatura ambiente	: 1000 m
Corriente nominal	: 4.13-3.73/1.87 A	Altitud	: IP55
Corriente de arranque	: 14.4-13.1/6.53 A	Grado de protección	: IC411 - TEFC
Ip/In	: 3.5x(Cód. M)	Método de refrigeración	: F-1
Corriente en vacío	: 2.64-2.39/1.20 A	Forma constructiva	: Ambos
Rotación nominal	: 680 rpm	Sentido de giro ¹	: 44.0 dB(A)
Resbalamiento	: 5.56 %	Nivel de ruido ²	: Partida directa
Torque nominal	: 3.86 ft.lb	Método de Arranque	: 48.5 lb
Torque de arranque	: 175 %	Masa aproximada ³	
Torque máximo	: 220 %		
Clase de aislamiento	: F		
Factor de servicio	: 1.15		
Momento de inercia (J)	: 0.1296 sq.ft.lb		
Categoría	: A		
Potencia	50%	75%	100%
Rendimiento (%)	41.0	49.0	53.0
Cos Φ	0.38	0.42	0.47
		Fuerzas en la fundación	
		Tracción máxima	: 49 lb
		Compresión máxima	: 98 lb
Tipo de cojinete	:	<u>Delantero</u>	<u>Trasero</u>
Sello	:	6205 ZZ	6204 ZZ
Intervalo de lubricación	:	V'Ring	V'Ring
Cantidad de lubricante	:	-	-
Tipo de lubricante	:	-	-
		Mobil Polyrex EM	

Notas

ANEXO X. DISEÑO DE CATALINAS DE TRANSMISIÓN Y DE GUIA



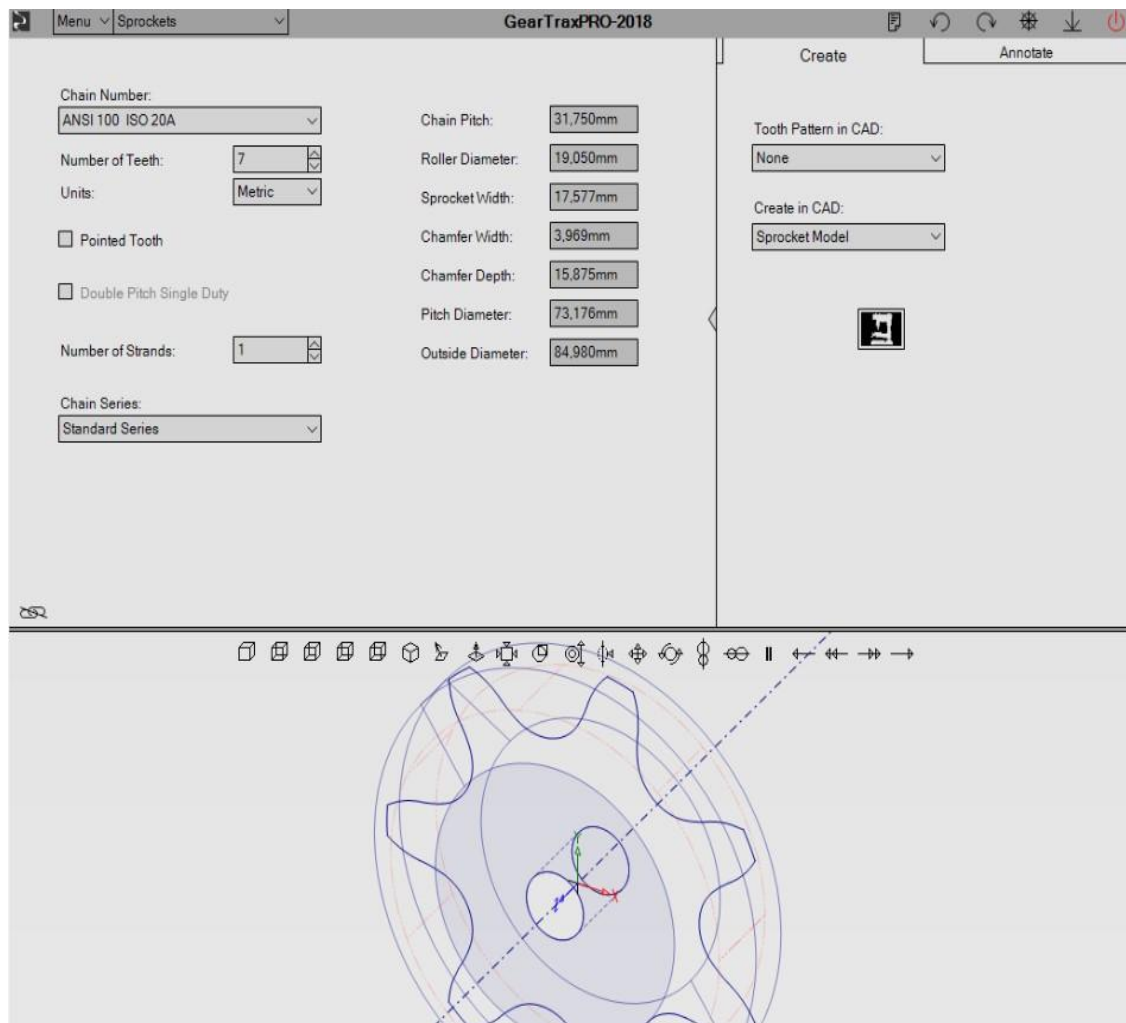
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA
INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA



Ingeniería
Electromecánica

Anexo X

Pág. 1-6

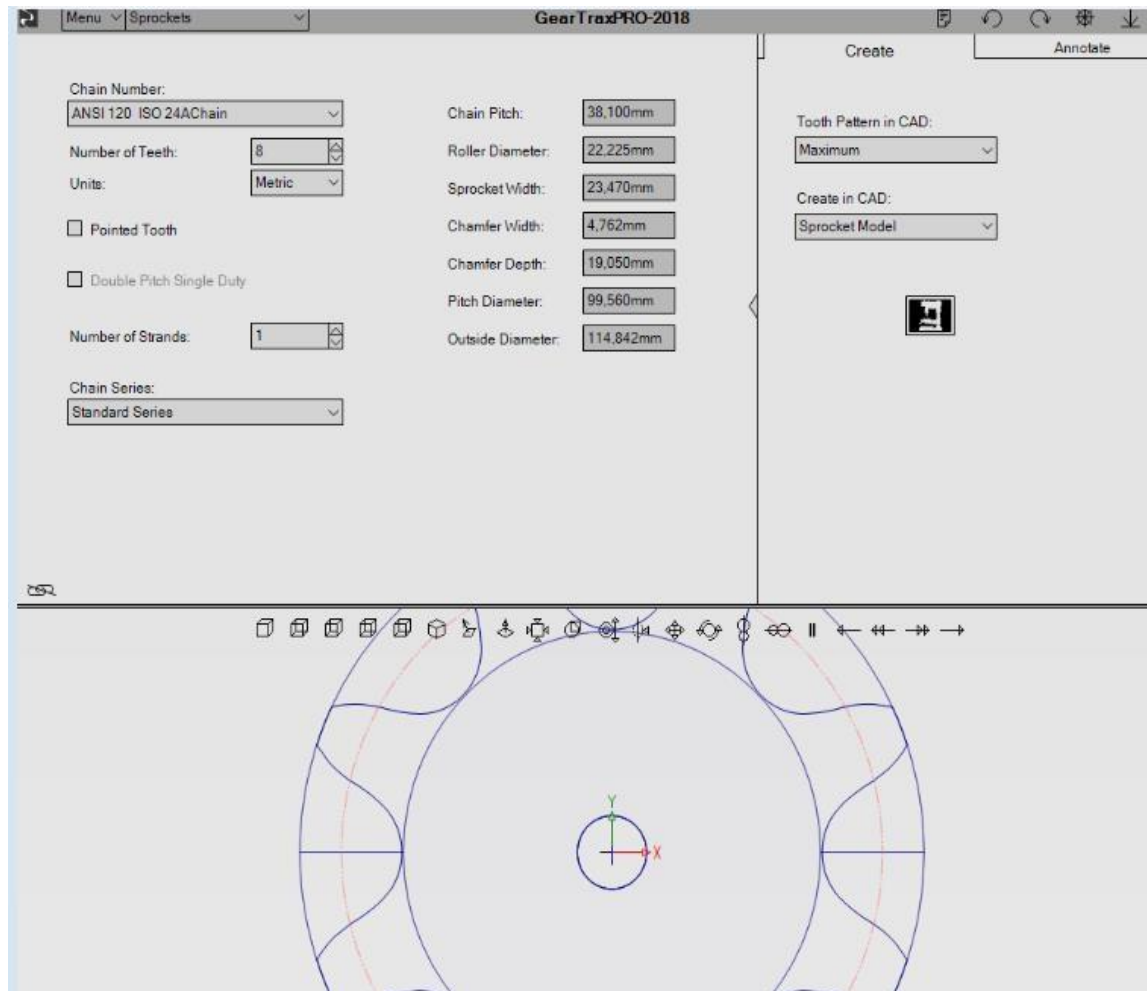


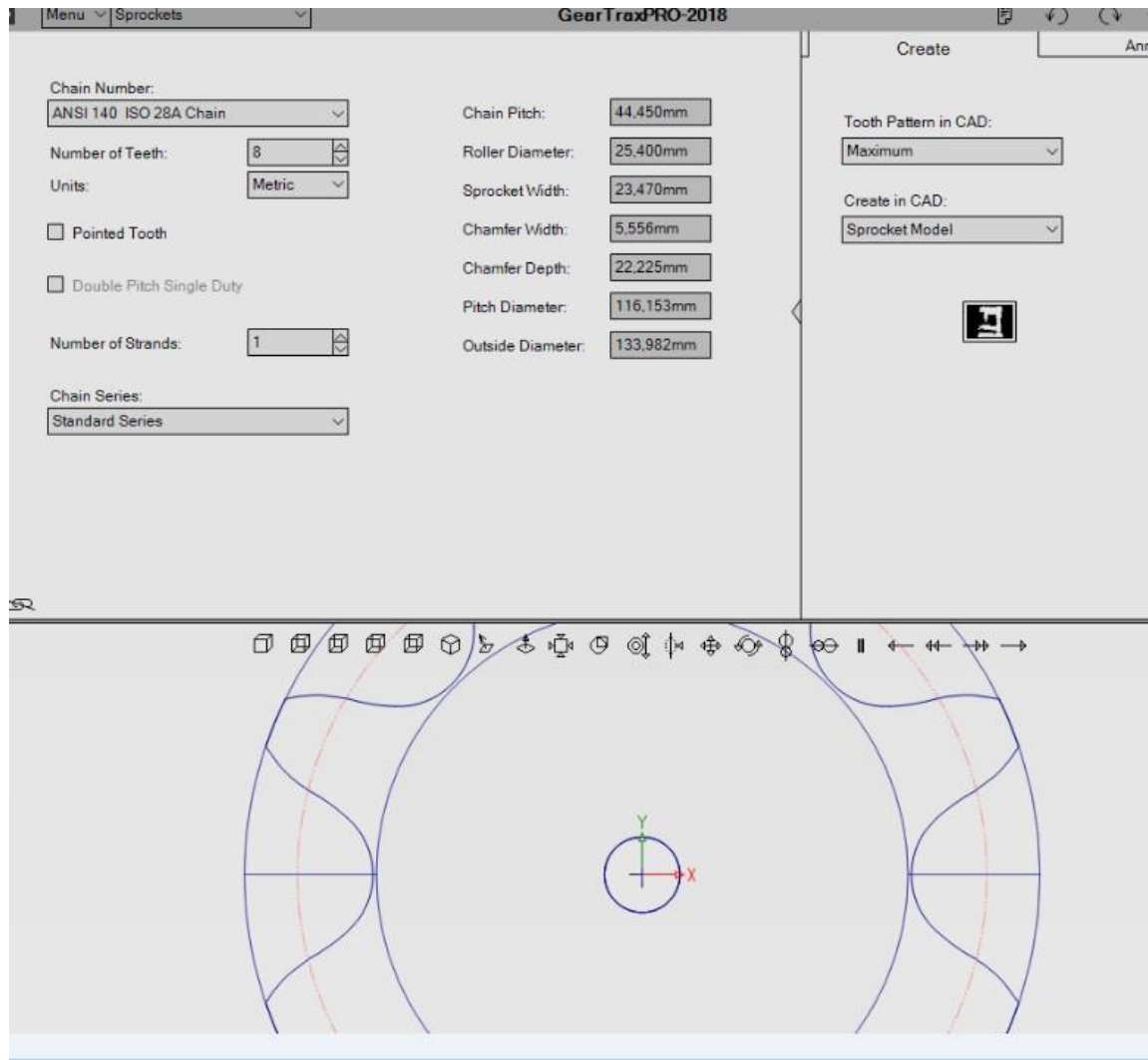


The screenshot displays the GearTraxPRO-2018 software interface. The top menu bar includes 'Menu' and 'Sprockets'. The main window is divided into two panels: 'Create' and 'Annotate'. The 'Create' panel contains the following parameters:

Chain Number:	ANSI 120 ISO 24AChain	Chain Pitch:	38,100mm
Number of Teeth:	7	Roller Diameter:	22,225mm
Units:	Metric	Sprocket Width:	23,470mm
<input type="checkbox"/> Pointed Tooth		Chamfer Width:	4,762mm
<input type="checkbox"/> Double Pitch Single Duty		Chamfer Depth:	19,050mm
Number of Strands:	1	Pitch Diameter:	87,812mm
Chain Series:	Standard Series	Outside Diameter:	101,975mm

The 'Annotate' panel includes 'Tooth Pattern in CAD' (Maximum) and 'Create in CAD' (Sprocket Model) dropdown menus, along with a small 3D model icon. Below the panels is a toolbar with various CAD tools. The bottom section shows a 3D model of a sprocket with a coordinate system (X, Y, Z) centered on its axis.







The screenshot displays the GearTraxPRO-2018 software interface. The main window is titled "Menu Sprockets" and "GearTraxPRO-2018". The interface is divided into several sections:

- Chain Number:** A dropdown menu showing "ANSI 25 ISO 04C Chain".
- Number of Teeth:** A numeric input field set to "15".
- Units:** A dropdown menu set to "Metric".
- Pointed Tooth:** An unchecked checkbox.
- Double Pitch Single Duty:** An unchecked checkbox.
- Number of Strands:** A numeric input field set to "1".
- Chain Series:** A dropdown menu set to "Standard Series".
- Chain Pitch:** A numeric input field set to "6,350mm".
- Roller Diameter:** A numeric input field set to "3,302mm".
- Sprocket Width:** A numeric input field set to "2,794mm".
- Chamfer Width:** A numeric input field set to "0,794mm".
- Chamfer Depth:** A numeric input field set to "3,175mm".
- Pitch Diameter:** A numeric input field set to "30,542mm".
- Outside Diameter:** A numeric input field set to "33,684mm".

On the right side, there are two tabs: "Create" and "Annotate". Under the "Create" tab, there are two dropdown menus: "Tooth Pattern in CAD" set to "Maximum" and "Create in CAD" set to "Sprocket Model". Below these is a small 3D model icon.

At the bottom of the window, there is a toolbar with various icons for file operations, view manipulation, and simulation. Below the toolbar is a 3D model of a sprocket with a coordinate system (X, Y, Z) centered on its axis.



The screenshot displays the GearTraxPRO-2018 software interface. The top menu bar includes 'Menu' and 'Sprockets'. The main window is divided into a left parameter panel and a right control panel. The left panel contains the following settings:



- Chain Number: ANSI 35 ISO 06C Chain
- Number of Teeth: 20
- Units: Metric
- Pointed Tooth
- Double Pitch Single Duty
- Number of Strands: 4
- Chain Series: Standard Series

The right panel shows the following settings:

- Chain Pitch: 9,525mm
- Roller Diameter: 5,080mm
- Sprocket Width: 3,810mm
- Chamfer Width: 1,191mm
- Chamfer Depth: 4,762mm
- Pitch Diameter: 60,888mm
- Outside Diameter: 65,853mm
- Tooth Pattern in CAD: Maximum
- Create in CAD: Sprocket Model

At the bottom of the interface is a 3D wireframe model of a sprocket with 20 teeth, showing the internal roller chain structure. A coordinate system (X, Y, Z) is visible at the center of the model. The software title 'GearTraxPRO-2018' is displayed in the top center of the window.

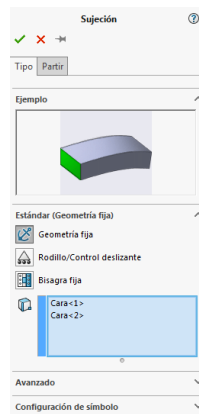
ANEXO XI. VALIDACIÓN POR EL MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS DEL EJE GUÍA SUPERIOR

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	 Ingeniería Electromecánica
Anexo XI: Eje guía superior		Pág. 1-2
Descripción		
<p>Nombre: Eje guía superior</p> <p>Material: Acero AISI 1018</p> <p>Diámetro menor: 25 mm</p> <p>Longitud: 674 mm</p> <p>Ubicación: se encuentra en la zona superior del modulo, es el eje que soporta las ruedas dentadas, donde van los rodillos.</p>		
Etapas de preprocesamiento		
- Modelado geométrico		
		



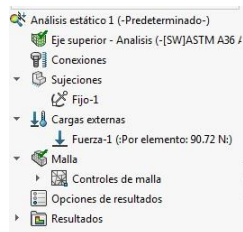
- Ubicación de condiciones del contorno

Sujeciones



Cargas

Son las cargas delimitadas en la Tabla 5.5



Mallado





Descripción

Nombre: Eje guía Inferior

Material: Acero AISI 1018

Disametro menor: 25 mm

Longitud: 725 mm

Ubicación: se encuentra ubicado en la zona inferior del módulo, soportando las ruedas dentadas, donde van los rodillos y las catalinas que estan en contacto con el funcionamiento motriz.

Etapas de preprocesamiento

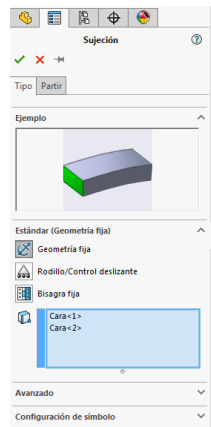
- **Modelado geométrico**



ANEXO XII. VALIDACIÓN POR EL MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS DEL EJE GUÍA INFERIOR

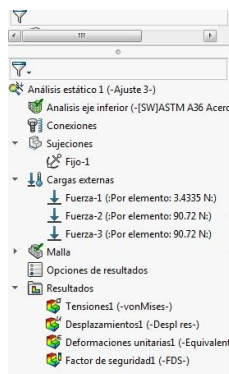
- Ubicación de condiciones del contorno

Sujeciones



Cargas

Son las cargas delimitadas en la Tabla 5.6



Mallado



ANEXO XIII. VALIDACIÓN POR EL MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS DEL RODILLO



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



Ingeniería
Electromecánica

Anexo XIII: Rodillo

Pág. 1-2

Descripción

Nombre: Rodillo

Material: Varios

Longitud: 560 mm

Constituido: Está compuesto de tubería de PVC de diámetro interior de 29.8 mm, con un espesor nominal de 1.1 mm y una longitud de 500 mm; con rodamientos, arandelas, tuercas de ajustes a los costados y una varilla de acero de transmisión 1018, la cual tiene una longitud de 560 mm, el cual es definido como el cuerpo principal del rodillo, sobre el que se ubican, gira y soportan la carga originadas por el tomate riñón.

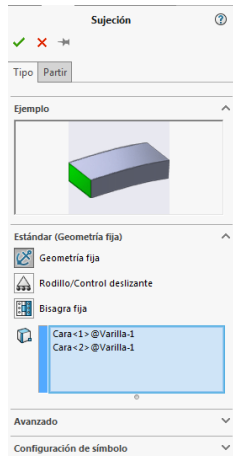
Etapas de preprocesamiento

- Modelado geométrico



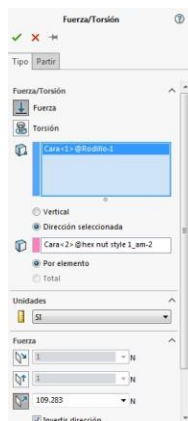
- Ubicación de condiciones del contorno

Sujeciones



Cargas

Las cargas aplicadas se dan de la capacidad definida por ciclo = 11.14 Kg, multiplicado por la gravedad de $9.81 \text{ m/s}^2 = 109.283 \text{ N}$



Mallado



ANEXO XIV. ANÁLISIS DE CARGAS POR MÓDULOS



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



Ingeniería
Electromecánica

Anexo XIV: Estructura de la bancada – módulo 1

Pág. 1-2

Tabla 23: Cargas por módulos

Componentes	Piezas	Masa Unitaria (Kg)	Masa Total (Kg)	Pesos (N)
Módulo I				
Masa de la catalina doble	1	0.35	0.35	3.4335
Masa de la catalina simple	1	0.21	0.21	2.6010
Masa de la cadena a usar	2	1.0886	2.1772	21.36
Masa de la Catalina de movimiento	8	0.367	2.936	20.80216
Masa del rodillo	44	0.5856	25,7664	252.8
Carga del producto a clasificar	1	11.14	11.14	109.283
TOTAL				410.28
Módulo II				
Masa de la catalina doble	2	0.35	0.70	6.867
Masa de la cadena a usar	2	1.0886	2.1772	21.36
Masa de la Catalina de movimiento	8	0.367	2.936	20.80216
Masa del rodillo	38	0.5856	22.2528	218.3
Carga del producto a clasificar	1	11.14	11.14	109.283
TOTAL				376.61
Módulo III				
Masa de la catalina doble	2	0.35	0.70	6.867
Masa de la cadena a usar	2	1.0886	2.1772	21.36
Masa de la Catalina de movimiento	8	0.367	2.936	20.80216
Masa del rodillo	32	0.5856	18.74	183.84
Carga del producto a clasificar	1	11.14	11.14	109.283
TOTAL				342.16
Módulo IV				
Masa de la catalina doble	1	0.35	0.35	3.4335
Masa de la catalina simple	1	0.21	0.21	2.6010
Masa de la cadena a usar	2	1.0886	2.1772	21.36
Masa de la Catalina de movimiento	8	0.367	2.936	20.80216
Masa del rodillo	27	0.5856	15.8112	155.11
Carga del producto a clasificar	1	11.14	11.14	109.283
TOTAL				312.59



Teniendo definido que la estructura tendría la siguiente forma, la cual está compuesta por módulos:

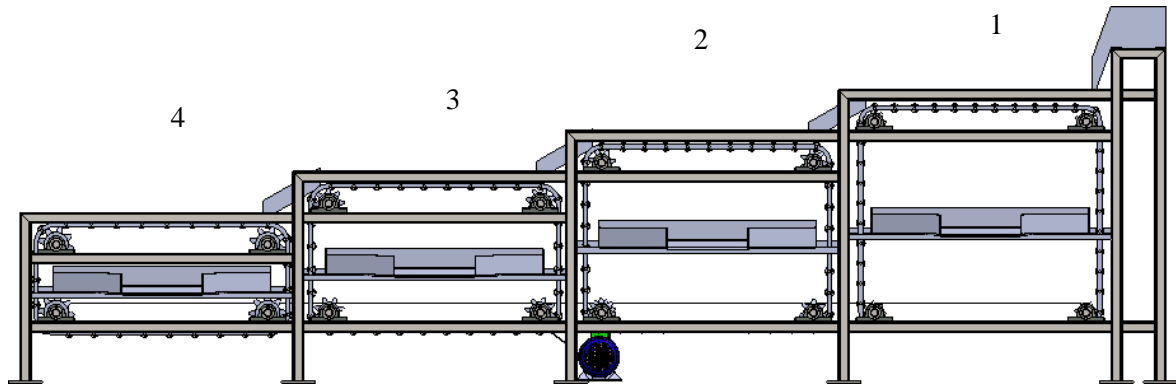


Figura 1: Análisis de los módulos que conforma la estructura

ANEXO XV: VALIDACIÓN POR EL MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS DE LA ESTRUCTURA – MÓDULO I



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



Ingeniería
Electromecánica

Anexo XV: Estructura de la bancada – módulo 1

Pág. 1-2

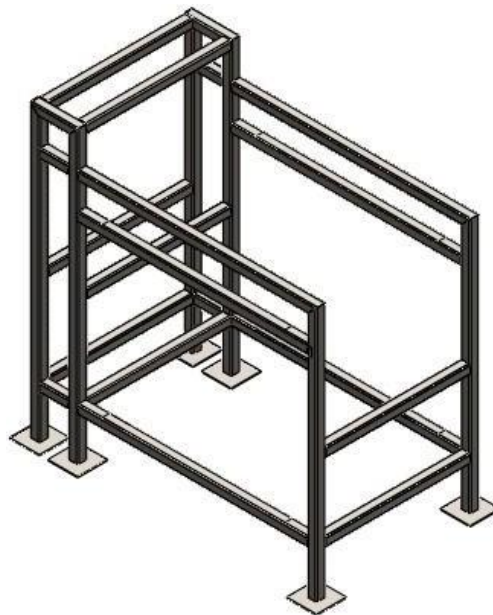
Descripción

Nombre: Módulo 1

Material: ASTM A36

Etapas de preprocesamiento

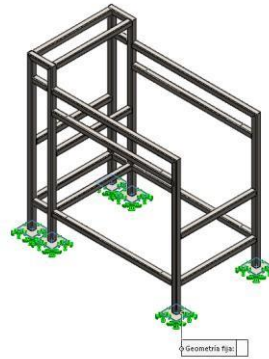
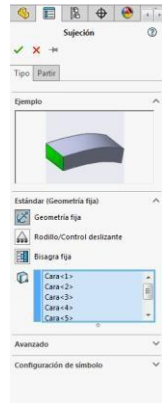
- **Modelado geométrico**





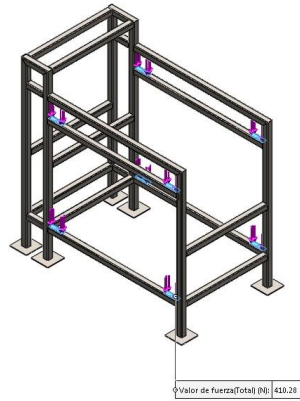
- Ubicación de condiciones del contorno

Sujeciones

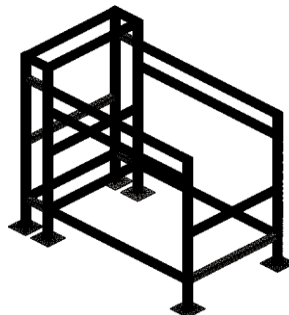


Cargas

Las cargas a emplear están establecidas en la Tabla 5.8



Mallado



ANEXO XVI. VALIDACIÓN POR EL MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS DE LA ESTRUCTURA – MÓDULO II



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



**Ingeniería
Electromecánica**

Anexo XVI: Estructura de la bancada – módulo 2

Pág. 1-2

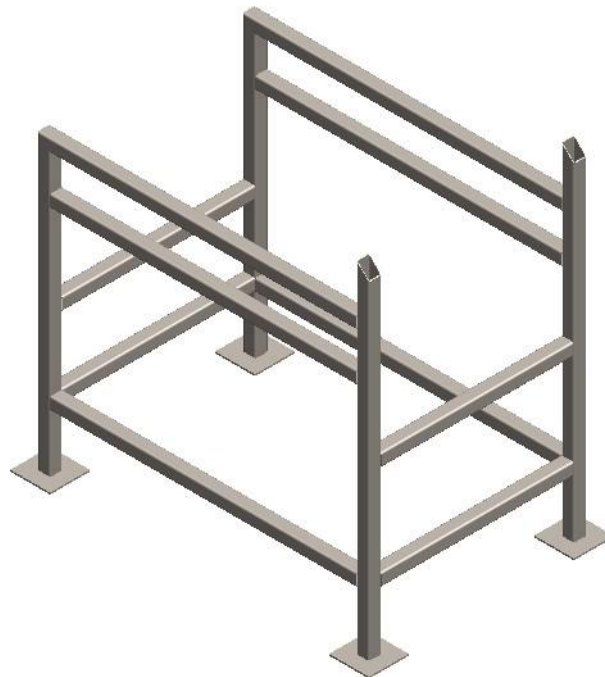
Descripción

Nombre: Módulo 1

Material: ASTM A36

Etapas de preprocesamiento

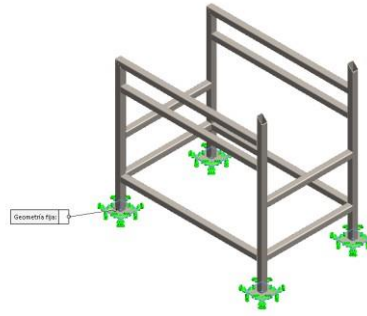
- **Modelado geométrico**





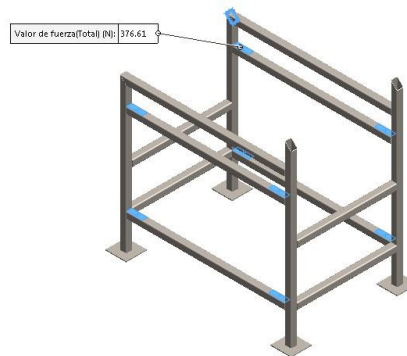
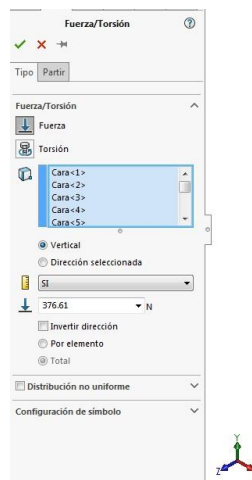
- Ubicación de condiciones del contorno

Sujeciones

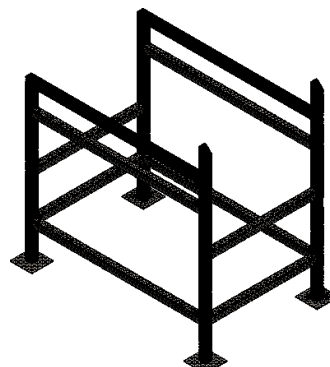


Cargas

Las cargas a emplear están establecidas en la Tabla 5.8



Mallado

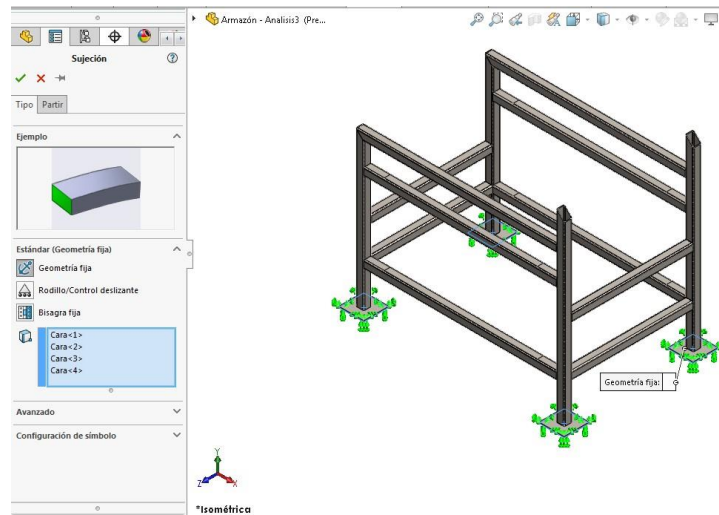


ANEXO XVII. VALIDACIÓN POR EL MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS DE LA ESTRUCTURA – MODULO III

	<p>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA</p>		<p>Ingeniería Electromecánica</p>
<p>Anexo XVII: Estructura de la bancada – módulo 3</p>		<p>Pág. 1-2</p>	
<p>Descripción</p>			
<p>Nombre: Módulo 1 Material: ASTM A36</p>			
<p>Etapas de preprocesamiento</p>			
<p>- Modelado geométrico</p>			
			

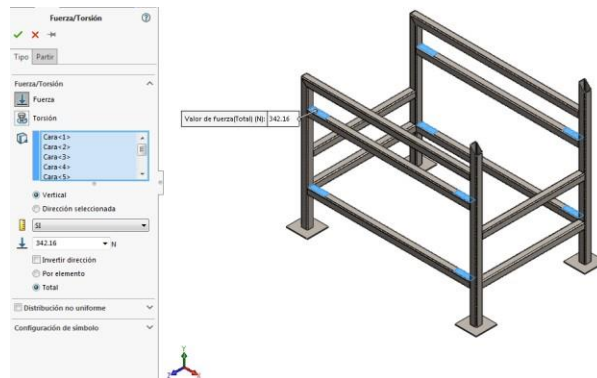
- Ubicación de condiciones del contorno

Sujeciones

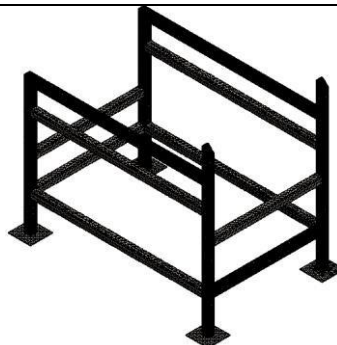


Cargas

Las cargas a emplear están establecidas en la Tabla 5.8



Mallado



ANEXO XVIII. VALIDACIÓN POR EL MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS DE LA ESTRUCTURA – MÓDULO IV



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA
INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA**



**Ingeniería
Electromecánica**

Anexo XVIII: Estructura de la bancada – módulo 4

Pág. 1-2

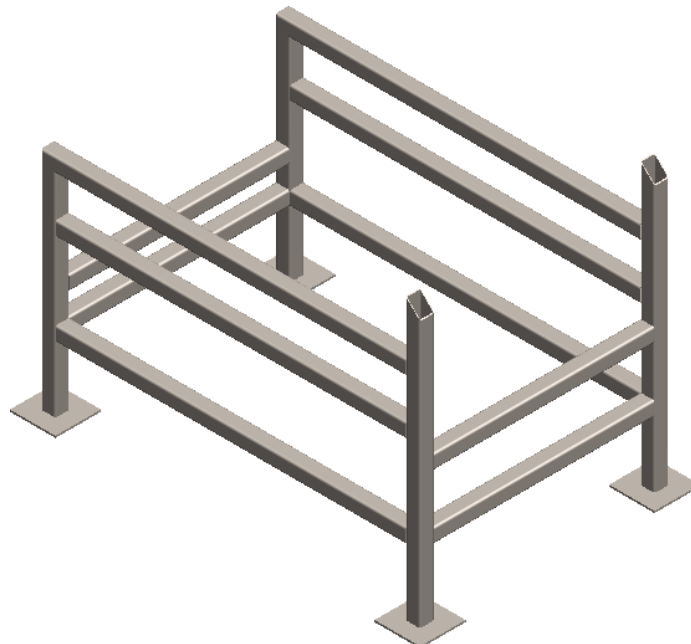
Descripción

Nombre: Módulo 1

Material: ASTM A36

Etapas de preprocesamiento

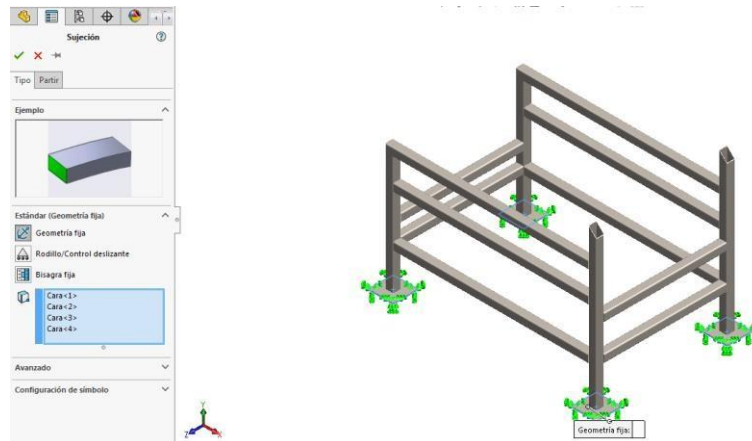
- **Modelado geométrico**





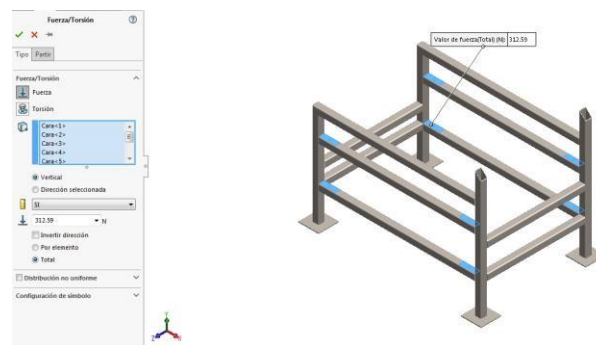
- Ubicación de condiciones del contorno

Sujeciones

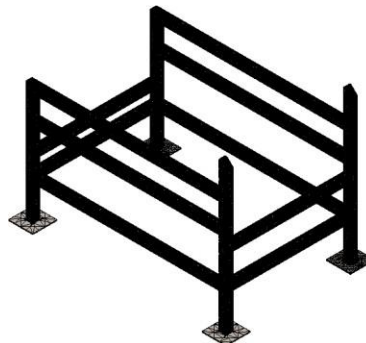


Cargas

Las cargas a emplear están establecidas en la Tabla 5.8



Mallado



ANEXO XIX. ANÁLISIS DE COSTOS

Tabla 24: Flujo de caja

Años	0	1	2	3	4	5
(+) Saldo Inicial		0	7389,96375	21666,6894	27894,385	28922,4294
Ingreso						
Producción		216000	216000	216000	216000	216000
(+) Total Ingresos		216000	216000	216000	216000	216000
Egresos						
Gastos de Materiales	4407,9					
Gastos de Mano de Obra (20 personas)	12000	144000	147427,2	150935,967	154528,243	158206,016
Gastos Varios (Químicos, abono)	3000	36000	36856,8	37733,9918	38632,0608	39551,5039
Costo de operación y mantenimiento.		5000	5119	5240,8322	5365,56401	5493,26443
Pérdida del ejercicio anterior		19407,9	0	0	0	0
(-) Total Egresos	19407,9	-204407,9	-189403	-193910,791	-198525,868	-203250,784
Utilidad antes del Impuesto	-19407,9	11592,1	33986,96375	43755,898	45368,5167	41671,6455
Impuesto a las Utilidades (25%)		2898,025	8496,740938	10938,9745	11342,1292	10417,9114
Utilidad después del Impuesto		8694,075	25490,22281	32816,9235	34026,3876	31253,7341
Participación de los Trabajadores (15%)		1304,11125	3823,533422	4922,53852	5103,95813	4688,06012
Utilidad Neta	-19407,9	7389,96375	21666,68939	27894,385	28922,4294	26565,674

Tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR)

TMAR = Tasa de la Inflación + Riesgo de la Inversión

Donde:

Tasa de Inflación = -0.20, según el Banco Central del Ecuador y el INEC, [45]

Riesgo de la Inversión:

- Bajo Riesgo = 3 a 6%
- Riesgo Medio = 6 a 10%
- Riesgo Alto = más de 10%

El riesgo a considerar es Bajo = 5%

Por lo que:

$$TMAR = -0.20 + 5 = 4.8\% = 0.048$$

Valor presente neto (VAN)

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+i)^t}$$

Donde:

F_t = Flujo de Caja

I_0 = Inversión Inicial = -19407,9 \$

t = Número de periodos

i = Tipo de descuento

Por lo que:

$$\text{VAN} = -19407,9 + \frac{-7389,96375}{(1 + 0.048)} + \frac{21666,68939}{(1 + 0.048)^2} + \frac{27894,385}{(1 + 0.048)^3} + \frac{28922,4294}{(1 + 0.048)^4} + \frac{26565,674}{(1 + 0.048)^5}$$

$$\text{VAN} = 76\,596.42 \$$$

Tasa interna de retorno (TIR)

$$\text{VAN} = 0$$

$$\text{VAN} = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1 + i)^t}$$

Donde:

F_t = Flujo de Caja

I₀ = Inversión Inicial = -19407,9 \$

t = Número de periodos

i = Tipo de descuento

Por lo que:

$$0 = -19407,9 + \frac{-7389,96375}{(1 + i)} + \frac{21666,68939}{(1 + i)^2} + \frac{27894,385}{(1 + i)^3} + \frac{28922,4294}{(1 + i)^4} + \frac{26565,674}{(1 + i)^5}$$

$$\text{TIR} = 81,203198 \%$$