



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE MECÁNICA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA  
CLASIFICADORA DE TOMATE RIÑÓN – VARIEDAD DANIELA  
DE 80 CARTONES DE 23 [Kg/h] DE CAPACIDAD”**

**TENE LÓPEZ DARWIN CARLOS**  
**VILLAGRÁN AYALA JOSÉ LUIS**

# **TRABAJO DE TITULACIÓN**

**TIPO: PROPUESTAS TECNOLÓGICAS**

Previa a la obtención del Título de:

## **INGENIERO MECÁNICO**

**RIOBAMBA – ECUADOR**

**2017**

**ESPOCH**

Facultad de Mecánica

---

**APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

---

2016-05-04

Yo recomiendo que el Trabajo de Titulación preparado por:

**TENE LÓPEZ DARWIN CARLOS**

Titulado:

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA CIASIFICADORA DE  
TOMATE RIÑON – VARIEDAD DANIELA DE 80 CARTONES DE 23 [Kg/h]  
DE CAPACIDAD”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

**INGENIERO MECÁNICO**

---

Ing. Carlos José Santillán Mariño  
**DECANO FAC. DE MECÁNICA**

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

---

Ing. Miguel A. Escobar Guachambala  
**DIRECTOR**

---

Ing. Edwin Fernando Viteri Núñez  
**ASESOR**

**ESPOCH**

Facultad de Mecánica

---

**APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

---

2016-05-04

Yo recomiendo que el Trabajo de Titulación preparado por:

**VILLAGRÁN AYALA JOSÉ LUIS**

Titulado:

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA CIASIFICADORA DE  
TOMATE RIÑON – VARIEDAD DANIELA DE 80 CARTONES DE 23 [Kg/h]  
DE CAPACIDAD”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

**INGENIERO MECÁNICO**

---

Ing. Carlos José Santillán Mariño.  
**DECANO FAC. DE MECÁNICA**

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

---

Ing. Miguel A. Escobar Guachambala  
**DIRECTOR**

---

Ing. Edwin Fernando Viteri Núñez  
**ASESOR**

---

## EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

---

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** TENE LÓPEZ DARWIN CARLOS

**TRABAJO DE TITULACIÓN:** “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA CLASIFICADORA DE TOMATE RIÑÓN – VARIEDAD DANIELA DE 80 CARTONES DE 23 [Kg/h] DE CAPACIDAD”

**Fecha de Examinación:** 2017-08-15

**RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:**

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Geovanny G. Novillo Andrade <b>PRESIDENTE TRIB. DEFENSA</b>			
Ing. Miguel Escobar Guachambala <b>DIRECTOR</b>			
Ing. Edwin Fernando Viteri Núñez <b>ASESOR</b>			

\* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

**RECOMENDACIONES:** \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

---

Ing. Geovanny G. Novillo Andrade  
**PRESIDENTE TRIB. DEFENSA**

---

## EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

---

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** VILLAGRÁN AYALA JOSÉ LUIS

**TRABAJO DE TITULACIÓN:** “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA CLASIFICADORA DE TOMATE RIÑÓN – VARIEDAD DANIELA DE 80 CARTONES DE 23 [Kg/h] DE CAPACIDAD”

**Fecha de Examinación:** 2017-08-15

**RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:**

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Geovanny G. Novillo Andrade. <b>PRESIDENTE TRIB. DEFENSA</b>			
Ing. Miguel Escobar Guachambala <b>DIRECTOR</b>			
Ing. Edwin Fernando Viteri Núñez <b>ASESOR</b>			

\* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

**RECOMENDACIONES:** \_\_\_\_\_

---

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

---

Ing. Geovanny G. Novillo Andrade.  
**PRESIDENTE TRIB. DEFENSA**

## **DERECHOS DE AUTORÍA**

El Trabajo de Titulación que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos-científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

---

**Tene López Darwin Carlos**

---

**Villagrán Ayala José Luis**

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

Nosotros, Darwin Carlos Tene López y José Luis Villagrán Ayala, declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autores, asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

---

**Darwin Carlos Tene López**  
Cédula de Identidad: 060437151-8

---

**Villagrán Ayala José Luis**  
Cédula de Identidad: 060442661-9

## **DEDICATORIA**

Este trabajo les dedico a mis padres Segundo Carlos Tene L. y Rosaura López Londo, quienes han realizado un esfuerzo muy grande por sacarme adelante, han sabido guiarme, apoyarme para alcanzar cada una de las metas y aspiraciones permaneciendo junto a mi brindándome sus buenos consejos, además a mi esposa Imelda Salome López Londo, a mi Hijo Frederick Abdel Tene López por el apoyo incondicional para cumplirlo.

Así también a mis hermanos, hermanas y parientes de esta manera en que denominamos cercanas, personas con la que compartimos toda clase de rasgos y comportamientos familiares les dedico este trabajo de titulación.

**Darwin Carlos Tene López**

Dedico este trabajo Con mucho amor y cariño a Dios y mi virgencita María Inmaculada ya que jamás me han fallado y sobre todo por ayudarme a cumplir mis metas sin permitir que me derrumbe ante las situaciones adversas que se han presentado.

A mis padres que siempre me han guiado y apoyado, gracias por sus consejos y por confiar siempre en mi sin dejarme solo, son el pilar fundamental en quienes he confiado y me han guiado por el camino del bien.

A mis hermanas, a mi novia y cuñados que siempre me dieron ánimos para seguir luchando y cumplir con mi objetivo.

**José Luis Villagrán Ayala**



## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios, a mis padres por darme la vida y mi esposa por el apoyo incondicional compartido el día a día de nuestra existencia y a todos mis familiares, amigos, quienes han hecho que siga adelante para el logro de una de mis metas.

**Darwin Carlos Tene López**

Agradezco a Dios por darme la salud y la vida, a mi familia por estar siempre apoyándome y dándome fuerzas para seguir luchando para cumplir una meta más en mi vida.

A la ESPOCH, en especial a la Escuela de Ingeniería Mecánica, por los conocimientos adquiridos que me han permitido formarme como un profesional con valores éticos y morales.

Agradezco al Ing. Miguel Escobar y al Ing. Edwin Viteri, por brindarme su amistad y compartir con nosotros sus conocimientos en el presente trabajo de titulación, ya que con su apoyo se pudo culminar exitosamente el trabajo de titulación.

**José Luis Villagrán Ayala**

## CONTENIDO

### RESUMEN

### ABSTRACT

	<b>Pág.</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	
1.1 Antecedentes .....	1
1.2 Justificación.....	3
1.3 Objetivos .....	3
1.3.1 <i>Objetivo General.</i> .....	3
1.3.2 <i>Objetivos Específicos</i> .....	3
1.4 Alcance.....	4
<b>2. FUNDAMENTOS Y MARCO TEORICO SEGÚN EL ESTUDIO DEL ARTE</b>	
2.1 Cultivo del tomate, Origen .....	5
2.2 El tomate es una fruta sana.....	5
2.3 Taxonomía y morfología.....	6
2.4 Características botánicas .....	7
2.4.1 <i>Raíz.</i> .....	7
2.4.2 <i>Tallo.</i> .....	7
2.4.3 <i>Hojas.</i> .....	8
2.4.4 <i>Flores</i> .....	8
2.4.5 <i>Fruto</i> .....	8
2.4.6 <i>Semilla</i> .....	8
2.5 Composición química.....	8
2.6 Requerimientos de clima y suelo .....	9
2.6.1 <i>Clima</i> .....	9
2.6.2 <i>Temperatura</i> .....	10
2.6.3 <i>Suelos aptos para el cultivo</i> .....	10
2.6.4 <i>El tomate y sus características nutricionales</i> .....	11
2.6.5 <i>Principales preocupaciones al ingerir tomates</i> .....	11
2.6.5.1 <i>Alergia</i> .....	12

2.6.5.2	<i>Contaminación</i> .....	12
2.7	Variedades de tomates que se producen en el mundo y zonas de cultivo.....	13
2.8	Variedades de tomates que se producen en el Ecuador.....	14
2.8.1	<i>Variedad Daniela</i> .....	14
2.9	Cultivo del tomate.....	16
2.9.1	<i>Cosecha</i> .....	16
2.9.2	<i>Post cosecha</i> .....	18
2.10	Características del tomate para su selección .....	18
2.10.1	<i>Tipos de tomate para consumo en fresco</i> .....	18
2.11	Características físicas del tomate Daniela.....	19
2.11.1	<i>Dimensiones del tomate</i> .....	20
2.11.2	<i>Masa del tomate</i> .....	20
2.12	Procesos de clasificación del tomate.....	21
2.12.1	<i>Clasificación manual</i> .....	22
2.12.2	<i>Clasificación mecanizada</i> .....	23
2.12.2.1	<i>Clasificación por su peso</i> .....	24
2.12.2.2	<i>Clasificación por su forma</i> .....	24
2.12.3	<i>Máquinas en el mercado</i> .....	26
2.12.4	<i>CPE INEN 001: Código de práctica para manipulación de alimentos</i> .....	27
2.12.5	<i>RTE INEN 131 "Seguridad e higiene de maquinaria"</i> .....	27
2.13	Marco teórico .....	27
2.13.1	<i>Aceros de transmisión SAE 1018</i> .....	27
2.13.2	<i>Aceros inoxidable</i> .....	28
2.13.3	<i>Aceros inoxidable austeníticos</i> .....	29
2.13.4	<i>Acero inoxidable austenítico 304</i> .....	30
2.13.5	<i>Factores que afectan la resistencia a la corrosión de las soldaduras</i> .....	31
2.13.5.1	<i>Electrodos para soldadura de aceros inoxidable</i> .....	31
2.13.6	<i>Parámetros para seleccionar un motor</i> .....	31
2.13.7	<i>Tolva de alimentación</i> .....	32
2.13.8	<i>Motor reductor</i> .....	32
2.13.9	<i>Chumaceras</i> .....	32
2.14	Conclusiones .....	33
<b>3.</b>	<b>ESTUDIO DE ALTERNATIVAS</b>	
3.1	Primera alternativa: Clasificadora de tomate por tambor giratorio.....	34

3.2	Alternativa 2: Selección de tomates con bandas transportadoras divisoras... 35
3.3	Alternativa 3: Clasificadora de tomate de acuerdo a su masa..... 36
3.4	Alternativa 4: Clasificadora con ayuda de rodillos. .... 36
3.5	Alternativa 5: Calibradora automática con célula fotoeléctrica. .... 37
3.6	Especificaciones de la máquina..... 38
3.6.1	<i>La matriz QFD (quality funtion deployment)</i> ..... 38
3.6.1.1	<i>Voz del usuario (voc)</i> ..... 38
3.6.1.2	<i>Voz del ingeniero</i> ..... 39
3.6.1.3	<i>Resultados de la matriz QFD</i> ..... 39
3.6.1.4	<i>Conclusiones de la matriz QFD</i> ..... 40
3.6.2	<i>Especificaciones técnicas</i> ..... 41
3.7	Análisis funcional..... 42
3.7.1	<i>Definición de módulos</i> ..... 43
3.7.2	<i>Alternativas de solución para el módulo</i> ..... 44
3.7.2.1	<i>Puesta en marcha</i> . .... 45
3.7.2.2	<i>Energía eléctrica</i> . .... 45
3.7.2.3	<i>Alimentación</i> ..... 45
3.7.3	<i>Principios de funcionamiento de la maquina clasificadora de tomate</i> ..... 46
3.7.4	<i>Memoria de cálculo</i> ..... 46
3.7.5	<i>Alternativas de solución</i> ..... 47
3.8	Evaluación de soluciones. .... 48
3.8.1	<i>Método ordinal corregido de criterios ponderados</i> ..... 48
3.8.2	<i>Criterios de valoración de las alternativas</i> ..... 48
3.8.2.1	<i>Evaluación de los pesos específicos de las soluciones para cada criterio:...</i> 50
3.9	Características de la máquina clasificadora con ayuda de rodillos. .... 53
3.9.1	<i>Elementos de la máquina clasificadora de tomate riñón</i> . .... 55
3.9.2	<i>Capacidad de la maquina clasificadora de tomate riñón</i> ..... 57

#### **4. DISEÑO DE LA MÁQUINA CLASIFICADORA DE TOMATE RIÑÓN**

4.1	Dimensionamiento y cálculo de la tolva de alimentación..... 58
4.2	Procedimiento para clasificar la materia prima en cada módulo. .... 58
4.3	Dimensionamiento y diseño de los rodillos. .... 58
4.3.1	<i>Módulo 1</i> ..... 58
4.3.1.1	<i>Peso del rodillo (Q1)</i> ..... 59

4.3.1.2	<i>Calculo de las reacciones.</i>	61
4.3.1.3	<i>Diseño por resistencia a fatiga.</i>	62
4.3.1.4	<i>Deflexión del rodillo.</i>	64
4.3.1.5	<i>Módulo 2 y módulo 3.</i>	65
4.3.1.6	<i>Peso del rodillo (Q2).</i>	65
4.3.1.7	<i>Calculo de las reacciones.</i>	66
4.3.1.8	<i>Deflexión del rodillo.</i>	68
4.3.1.9	<i>Rodadura del rodillo</i>	69
4.4	<i>Dimensionamiento y escogimiento de los eslabones de la cadena.</i>	72
4.4.1	<i>Módulo 1 - eslabón 1</i>	72
4.4.1.1	<i>Cálculo de la carga de tracción que soporta el eslabón.</i>	74
4.4.2	<i>Módulo 3 - eslabón 3</i>	75
4.5	<i>Dimensionamiento y diseño de los piñones de la cadena de transmisión</i>	76
4.5.1	<i>Cálculo de los elementos básicos de un piñón para cadena de eslabones.</i>	77
4.5.2	<i>Piñón de 50- módulo 1</i>	78
4.5.3	<i>Piñón de 60 – módulo 2</i>	79
4.5.4	<i>Piñón de 70 – módulo 3</i>	81
4.5.5	<i>Fuerza producida por el peso del tomate</i>	82
4.5.6	<i>Cálculo de la velocidad angular.</i>	83
4.6	<i>Diseño del eje módulo 1</i>	83
4.6.1	<i>Diseño a fatiga.</i>	89
4.6.2	<i>Análisis de resistencia del eje del módulo 1 mediante solidworks.</i>	92
4.6.3	<i>Selección del motor reductor</i>	93
4.7	<i>Diseño del eje del motor reductor</i>	94
4.7.1	<i>Diseño estático.</i>	95
4.7.2	<i>Diseño a fatiga</i>	96
4.7.3	<i>Análisis de resistencia del eje del motor reductor mediante solidworks.</i>	99
4.7.4	<i>Diseño de la transmisión de movimiento</i>	100
4.8	<i>Seleccionamos las chumaceras</i>	109
4.8.1	<i>Análisis caso estático</i>	111
4.8.2	<i>Análisis caso dinámico</i>	111
4.9	<i>Diseño de chaveta para el eje de transmisión.</i>	112
4.9.1	<i>Diseño por esfuerzos cortantes.</i>	113
4.9.2	<i>Diseño para esfuerzos por aplastamiento.</i>	114
4.10	<i>Diseño de la estructura de la máquina.</i>	114

4.10.1	<i>Características geométricas de la estructura.</i>	115
4.10.2	<i>Análisis de resistencia de la estructura mediante solidworks.</i>	115
<b>5.</b>	<b>CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DE LA MÁQUINA CLASIFICADORA</b>	
5.1	Máquinas y herramientas	118
5.2	Materiales utilizados para la construcción	118
5.3	Elementos de construcción	121
5.3.1	<i>Tiempo de construcción para cada sistema.</i>	122
5.4	Montaje de la maquina clasificadora de tomate riñón - variedad Daniela...	125
5.5	Flujograma de procesos del montaje de la máquina.	127
5.5.1	<i>Resumen tiempo total de construcción.</i>	127
5.6	Proceso de construcción de los componentes de la máquina clasificadora..	128
5.6.1	<i>Estructura</i>	128
5.6.2	<i>Construcción de los rodillos de clasificación.</i>	130
5.6.3	<i>Construcción de los piñones</i>	131
5.6.4	<i>Construcción de ejes principales y secundarios</i>	133
5.6.5	<i>Construcción de la tolva de alimentación.</i>	133
5.6.6	<i>Construcción bandejas de recolección.</i>	134
5.6.7	<i>Montaje del sistema motriz</i>	134
5.6.8	<i>Montaje de las escobillas</i>	135
5.6.9	<i>Forrada de elementos que tiene contacto con el tomate</i>	136
5.6.10	<i>Ensamble de todos los sistemas</i>	136
<b>6.</b>	<b>MANUAL DE OPERACIONES, MANTENIMIENTO Y ESTUDIO DE COSTOS DE LA MÁQUINA CLASIFICADORA DE TOMATE RIÑÓN VARIEDAD-DANIELA</b>	
6.1	Manual de operación de la máquina.	137
6.1.1	<i>Vista general de la máquina clasificadora de tomate riñón.</i>	137
6.1.2	<i>Características generales de la maquina clasificadora de tomate riñón.</i>	138
6.1.3	<i>Requisitos para puesta en marcha de la máquina.</i>	139
6.1.4	<i>Instrucciones de operación de la máquina.</i>	139
6.1.5	<i>Puesto en marcha la máquina</i>	139
6.1.6	<i>Pasos a seguir para el clasificado del tomate riñón.</i>	139

6.2	Manual de mantenimiento de la clasificadora de tomate riñón.....	140
6.2.1	<i>Guía de mantenimiento</i> .....	140
6.3	Riesgos y medidas preventivas .....	140
6.3.1	<i>Riesgos físicos.</i> .....	141
6.3.1.1	<i>Riesgos físicos mecánicos.</i> .....	141
6.3.1.2	<i>Riesgos físicos no mecánicos.</i> .....	142
6.3.2	<i>Riesgo eléctrico</i> .....	142
6.4	Análisis de costos de la máquina clasificadora de tomate riñón .....	143
6.4.1	<i>Costos directos.</i> .....	143
6.4.1.1	<i>Costos de materia prima.</i> .....	143
6.4.1.2	<i>Costos por mano de obra</i> .....	144
6.4.1.3	<i>Costos por máquinas herramientas.</i> .....	145
6.4.1.4	<i>Costo directo total.</i> .....	145
6.4.2	<i>Costos indirectos.</i> .....	146
6.4.3	<i>Costo total.</i> .....	146
<b>7.</b>	<b>PRUEBAS Y RESULTADOS</b>	
7.1	Criterios a evaluar .....	147
7.2	Resultados obtenidos.....	147
<b>8.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	
8.1	Conclusiones .....	150
8.2	Recomendaciones.....	150

## **BIBLIOGRAFÍA**

## **ANEXOS**

## **PLANOS**

## LISTA DE TABLAS

Tabla 2-1.	Clasificación taxonómica del tomate.....	7
Tabla 2-2.	Valores orientativos de la composición del fruto de tomate maduro .....	9
Tabla 2-3.	Temperaturas según el ciclo de vida .....	10
Tabla 2-4.	Propiedades nutricionales del tomate riñón.....	11
Tabla 2-5.	Variedades de tomates con mayor acogida en el Ecuador .....	14
Tabla 2-6.	Cosechas según variedades. ....	17
Tabla 2-7.	Tipos de tomates según el color.....	17
Tabla 2-8.	Tamaños de tomates calibrados.....	18
Tabla 2-9.	Características físicas del tomate Daniela .....	21
Tabla 2-10.	Clasificación de equipos calidad interna y externa .....	23
Tabla 2-11.	Métodos de corte de acero inoxidable.....	29
Tabla 2-12.	Propiedades del acero inoxidable .....	30
Tabla 2-13.	Tipos de electrodos para soldar inoxidable.....	31
Tabla 3-1.	Análisis y desarrollo de la matriz QFD .....	40
Tabla 3-2.	Especificaciones técnicas de la máquina .....	41
Tabla 3-3.	Alternativas de solución .....	44
Tabla 3-4.	Procedimiento de cálculo .....	47
Tabla 3-5.	Evaluación del peso específico de cada criterio .....	49
Tabla 3-6.	Evaluación del peso específico del criterio "Confiabilidad" .....	50
Tabla 3-7.	Evaluación del peso específico del criterio "Numero de cajas/ hora" .....	50
Tabla 3-8.	Evaluación del peso específico del criterio "Ergonomía" .....	51
Tabla 3-9.	Evaluación del peso específico del criterio "Alimentación manual" .....	52
Tabla 3-10.	Evaluación del peso específico del criterio "Dimensiones" .....	52
Tabla 3-11.	Conclusiones.....	53
Tabla 3-12.	Elementos de la máquina .....	54
Tabla 4-1.	Coeficientes resistencia a la rodadura.....	69
Tabla 4-2.	Coeficientes de rozamiento por deslizamiento.....	70
Tabla 5-1.	Materiales para la construcción .....	120
Tabla 5-2.	Elementos de la máquina clasificadora de tomate riñón.....	121
Tabla 5-3.	Tiempos de construcción.....	123
Tabla 5-4.	Montaje de elementos del sistema estructural .....	125
Tabla 5-5.	Montaje del sistema de alimentación y recolección del producto .....	125
Tabla 5-6.	Montaje del sistema modular .....	126
Tabla 5-7.	Montaje del sistema motriz.....	126
Tabla 5-8.	Tiempo total empleado en la construcción de la máquina .....	128
Tabla 6-1.	Características principales de la máquina .....	138



Tabla 6-2.	Elementos que necesitan mantenimiento .....	140
Tabla 6-3.	Costos de materia prima .....	143
Tabla 6-4.	Costos por mano de obra .....	144
Tabla 6-5.	Costos máquinas herramientas .....	145
Tabla 6-6.	Costo directo total .....	146
Tabla 6-7.	Costos indirectos .....	146
Tabla 6-8.	Costo total de la construcción de la máquina .....	146
Tabla 7-1.	Resultados obtenidos de clasificación .....	148
Tabla 7-2.	Eficiencia clasificación manual y mecanizada.....	149

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 2-1. Partes de una planta de tomate .....	6
Figura 2-2. Distribución países productores de tomate .....	13
Figura 2-3. Tomate Daniela.....	15
Figura 2-4. Revisión de estado del fruto.....	16
Figura 2-5. Cosecha del tomate de acuerdo a su color .....	18
Figura 2-6. Clasificación del tomate Daniela según su tamaño .....	20
Figura 2-7. Dimensiones del tomate.....	20
Figura 2-8. Ensayo de masa para cada tamaño de tomate Daniela. ....	21
Figura 2-9. Clasificación mediante calibre .....	22
Figura 2-10. Clasificación y sistema de estantería .....	25
Figura 2-11. Ubicación correcta de los brazos sobre la mesa. ....	25
Figura 2-12. Variedad de chumaceras .....	33
Figura 3-1. Esquema con separadores.....	34
Figura 3-2. Clasificadora de tambor giratorio.....	35
Figura 3-3. Clasificadora de tomate a nivel industrial con bandas divisoras.....	35
Figura 3-4. Clasificadora de tomate de acuerdo a su masa.....	36
Figura 3-5. Clasificadora de rodillos.....	37
Figura 3-6. Calibradoras con célula fotoeléctrica .....	37
Figura 3-7. Diagrama funcional de la máquina.....	42
Figura 3-8. Modelo funcional.....	43
Figura 3-9. Prototipo de la máquina clasificadora de rodillos.....	54
Figura 4-1. Diagrama de cuerpo libre del rodillo .....	59
Figura 4-2. Dimensiones de la varilla .....	59
Figura 4-3. Volumen de la varilla .....	60
Figura 4-4. Diagrama de cortantes .....	61
Figura 4-5. Diagrama momento flector .....	62
Figura 4-6. Diagrama de cuerpo libre del rodillo.....	65
Figura 4-7. Diagrama de cortantes .....	66
Figura 4-8. Diagrama momento flector .....	67
Figura 4-9. Diagrama cuerpo libre de rodillo.....	71
Figura 4-10. Dimensiones del eslabón y la cadena.....	72
Figura 4-11. Dimensionamiento eslabón 1.....	73
Figura 4-12. Cálculo del volumen del eslabón 1 .....	73
Figura 4-13. Posición del eslabón crítico .....	74

Figura 4-14.	Carga sometida al eslabón.....	74
Figura 4-15.	Dimensionamiento eslabón 2.....	75
Figura 4-16.	Cálculo del volumen del eslabón 2.....	75
Figura 4-17.	Dimensionamiento eslabón 3.....	76
Figura 4-18.	Cálculo del volumen del eslabón 3.....	76
Figura 4-19.	Elementos básicos de un piñón.....	77
Figura 4-20.	Dimensionamiento piñón módulo 1.....	79
Figura 4-21.	Dimensiones piñón módulo 1.....	79
Figura 4-22.	Dimensiones piñón módulo 2.....	80
Figura 4-23.	Dimensiones del piñón módulo 2.....	80
Figura 4-24.	Dimensiones piñón módulo 3.....	81
Figura 4-25.	Cálculo del volumen del piñón del módulo 3.....	81
Figura 4-26.	Fuerzas que actúan en el eje.....	84
Figura 4-27.	Cargas que actúan en el eje.....	92
Figura 4-28.	Comprobación de resistencia.....	93
Figura 4-29.	Motor reductor salida a derecha.....	93
Figura 4-30.	Diagrama de momento y cortante.....	95
Figura 4-31.	Cargas que actúan en el eje.....	99
Figura 4-32.	Comprobación factor de seguridad.....	100
Figura 4-33.	Transmisión por cadenas.....	100
Figura 4-34.	Selección del número de dientes.....	102
Figura 4-35.	Representación carga radial - carga axial.....	110
Figura 4-36.	Geometría de la chaveta.....	112
Figura 4-37.	Estructura parte 1.....	115
Figura 4-38.	Cargas que actúan en la estructura parte 1.....	116
Figura 4-39.	Simulación de resistencia.....	116
Figura 4-40.	Estructura parte 2.....	117
Figura 4-41.	Simulación de resistencia.....	117
Figura 5-1.	Flujograma de procesos.....	127
Figura 5-2.	Estructura Parte 1.....	128
Figura 5-3.	Estructura parte 2.....	129
Figura 5-4.	Perforaciones para unir las dos partes de la estructura.....	129
Figura 5-5.	Perforaciones placa base del motor.....	130
Figura 5-6.	Estructura pintada.....	130
Figura 5-7.	Rodillo de clasificación módulo 1.....	131
Figura 5-8.	Rodillo de clasificación módulo 2 y 3.....	131
Figura 5-9.	Esquema de corte por suelda oxiacetilénica.....	132

Figura 5-10.	Desbaste con ayuda del torno.....	132
Figura 5-11.	Procedimiento de fresado .....	132
Figura 5-12.	Esquema piñón y cadena.....	133
Figura 5-13.	Tolva de alimentación.....	133
Figura 5-14.	Bandejas de recolección .....	134
Figura 5-15.	Esquema transmisión de movimiento .....	135
Figura 5-16.	Montaje de las escobillas de limpieza .....	135
Figura 5-17.	Estructura forrada.....	136
Figura 5-18.	Máquina clasificadora de tomate riñón- variedad Daniela .....	136
Figura 6-1.	Partes generales de la máquina .....	137
Figura 6-2.	Tensor de cadena.....	139
Figura 6-3.	Riesgo de atrapamiento.....	141
Figura 6-4.	Transmisión de movimiento .....	141
Figura 6-5.	Tubos de clasificación .....	142
Figura 6-6.	Cadenas de arrastre.....	142
Figura 6-7.	Ubicación motor reductor .....	143
Figura 7-1.	Resultados métodos de clasificación.....	149

## SIMBOLOGÍA

$msnm$	Metros sobre el nivel del mar	
$rpm$	Revoluciones por minuto	
HP	Caballo de potencia (horsepower)	
$P_{requerida}$	Potencia requerida	HP
$i$	Relación de transmisión	
V	Volumen	$m^3$
$\rho$	Densidad	$\frac{Kg}{m^3}$
$m_{v1}$	Masa de la varilla 1	Kg
$V_{t1}$	Volumen tubo 1	$m^3$
$Q_1$	Peso del rodillo	N
$M_{max}$	Momento máximo	N.m
$\sigma_x$	Esfuerzo punto crítico	Mpa
$S_e'$	Resistencia a la fatiga	Mpa
$S_{ut}$	Resistencia a la tracción máxima	Mpa
$k_a$	Factor de superficie	
$k_b$	Factor de tamaño	
$k_c$	Factor de carga	
$k_d$	Factor de temperatura	
$k_e$	Factor de confiabilidad	
$k_f$	Factor de efectos varios	
$n$	Factor de seguridad	
$E$	Módulo de elasticidad	GPa
$I$	Inercia del rodillo	$m^4$
$y_{max}$	Deflexión del rodillo	m
$C_r$	Coefficiente de rodadura	
W	Peso del rodillo estado crítico	N
F	Fuerza mínima	N
$V_{eslabón 1}$	Volumen del eslabón 1	$m^3$
$P_{eslabón 1}$	Peso del eslabón 1	N
$V_{piñon módulo 1}$	Volumen del piñón módulo 1	$m^3$

$P_{\text{Piñón módulo 1}}$	Peso piñón módulo 1	N
$F_{pt}$	Fuerza producida por el peso del tomate	N
$\omega$	Velocidad angular	$\frac{rad}{s}$
$\mathcal{T}_1, \mathcal{T}_2, \mathcal{T}_3, \mathcal{T}_4, \mathcal{T}_5$	Torques	N.m
$R_{p1}, R_{p2}, R_{p3}, R_{p4}$	Radios de los piñones	m
T	Torque	N.m
$\sigma_f$	Esfuerzo de flexión	Mpa
$\tau$	Torsión	N.m
F	Fuerza en el piñón	N
$P_d$	Potencia de diseño	HP
$Z_1$	Número de dientes	
$N_e$	Número de eslabones	
$L_c$	Longitud de cadena	mm
Fa	Fuerza axial	N
Fr	Fuerza radial	N
$C_{cat}$	Capacidad de carga estática	N
$\sigma_p$	Esfuerzo de precarga	N/m <sup>2</sup>
$A_{Te}$	Área de esfuerzo a tensión	m <sup>2</sup>

## LISTA DE ABREVIACIONES

<b>MAGAP</b>	Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca
<b>INIAP</b>	Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias
<b>AISI</b>	American Iron and Steel Institute (Instituto americano del hierro y el acero)
<b>SAE</b>	Society of Automotive Engineers (Sociedad de Ingenieros Automotrices)
<b>CE</b>	Ingeniería concurrente
<b>QFD</b>	Quality Funtion Deployment
<b>FAO</b>	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
<b>AWS</b>	Sociedad americana de soldadura
<b>PVC</b>	Policloruro de vinilo

## LISTA DE ANEXOS

A	Catálogo de rodamientos rígidos de bolas
B	Rodamientos de bolas de ranura de una sola hilera
C	Acero AISI 1018
D	Propiedades del PVC
E	Tubería de PVC
F	Cadena de eslabones calibrados
G	Resistencia a la tensión acero inoxidable 304
H	Resistencia a la fatiga
I	Acabado superficial
J	Factor de tamaño $k_b$
K	Factor de modificación de la carga $k_c$
L	Factor de modificación de la temperatura $k_d$
M	Factor de confiabilidad $k_e$
N	Módulo de elasticidad
Ñ	Capacidades de carga rodamientos UCP 204
O	Factor de esfuerzos estáticos
P	Factor de esfuerzos dinámicos
Q	Factor de velocidad
R	Chavetas
S	Motoreductores
T	Factor de servicio
U	Número de hileras cadena
V	Momentos de inercia
W	Pesos de los piñones
Y	Cadena KANA
Z	Barras de acero



## RESUMEN

En la carrera de ingeniería mecánica se presenta la necesidad de diseñar y construir máquinas que faciliten la resolución de problemas, en la parroquia Yaruquíes perteneciente al cantón Riobamba cultivan tomate riñón y su clasificación lo realizan de forma manual faltando a normas de manipulación de alimentos, de tal manera se ve la necesidad de fabricar una máquina clasificadora. Utilizamos una metodología para encontrar la mejor alternativa de solución, la cual partimos del estudio del arte, con ello realizamos un análisis previo, guiándonos con encuestas, un estudio de campo, características del tomate, métodos de clasificación. Procedemos al diseño conceptual, requerimientos en base a la matriz QFD. Diseño de los elementos de la máquina, selección de la mejor alternativa, estudio de elementos, utilización de fórmulas para el dimensionamiento de los componentes. Diseño de detalle, se presenta los documentos necesarios para la fabricación como son planos de piezas, memorias de cálculo. Como resultado de la evaluación de la máquina clasificadora de tomate en correspondencia con la capacidad proyectada a 80 cartones de 23 kg/hora cuyas variables de salida fueron el tiempo y la efectividad de la clasificación, se obtuvo un tiempo de 0.82 horas y una calidad de clasificación del 98.85% cumpliendo así con los requerimientos del patrocinador. Se recomienda que el producto debe encontrarse en un porcentaje de madurez del 60%. Concluimos que la máquina es eficiente y no muy costosa comparada con las máquinas del exterior. Recomendamos al transportarla de un lugar a otro se las haga con el mayor cuidado posible, para que sus componentes no desalineen y pierda eficiencia.

**PALABRAS CLAVE:** <MÁQUINA CLASIFICADORA> <TOMATE RIÑÓN (LYCOPERSICUM ESCULENTUM)> <VARIEDAD DANIELA>, <PROPUESTA TECNOLÓGICA>, <METODOLOGÍA DE DISEÑO MATRIZ DE CALIDAD (QFD)>, <INFORMACIÓN TÉCNICA AGRÍCOLA (INFOAGRO)>, <SOFTWARE DE DISEÑO MECÁNICO (SOLIDWORKS)>, <SOFTWARE DE DISEÑO ESTRUCTURAL (SAP2000)>.

## ABSTRACT

In the mechanical engineering career, the need to design and construct machines that facilitate the resolution of problems in the Yaruquíes parish belonging to the Riobamba canton grow tomatoes (tomate riñon) and their classification is carried out manually, without food manipulation norms, such a way has seen the need to manufacture a sorting machine. We use a methodology to find the best alternative solution, which we start from the study of art, with which we perform a previous analysis, guiding us with surveys, a field study, tomato characteristics, classification methods. We proceed to the conceptual design, requirements based on the QFD matrix. Design the elements of the machine, selection of the best alternative, study of elements, use of formulas for the sizing of components. Detail design presents the necessary documents for the manufacturing, as they are parts blueprints, calculation memories. As a result of the evaluation, the machine of the tomato sorter in correspondence with the projected capacity of 80 cartons of 23 kg / hour whose output variables were the time and the effectiveness of classification was obtained a time of 0.82 hours and a quality of classification of 98.85% fulfilling thus the requirements of the sponsor. It is recommended the product should be in a 60% maturity percentage. We conclude that the machine is efficient and not very expensive compared to the machines outside. We recommend that you carry it from one place to another with the greatest possible care so that its components do not misalign and lose efficiency.

KEYWORDS: <CLASSIFICATION MACHINE> <TOMATE RIÑON>  
<LYCOPERSICUM ESCULENTUM> <VARIETY DANIELA>,  
<TECHNOLOGICAL PROPOSAL>, <METHODOLOGY OF DESIGN MATRIX OF  
QUALITY(QFD)>, <TECHNICAL AGRICULTURAL INFORMATION>,  
<MECHANIC SOFTWARE DESIGN (SOLIDWORKS)>, <STRUCTURAL  
SOFTWARE DESIGN (SAP2000)>

# CAPÍTULO I

## 1 INTRODUCCIÓN

### 1.1 Antecedentes

Una buena alimentación nos permite desarrollar la inteligencia, crecer sanos, desarrollar los músculos, formar los dientes, huesos y aporta calorías y nutrientes. Para mantener la salud debemos conocer las necesidades nutricionales así como la composición de los alimentos, de este modo podremos analizar qué tipos de alimentos mejoran nuestra forma de vida. (PALLASCO, 2017)

Los científicos desarrollan un interés importante en este producto ya que tiene beneficios que le da a nuestro cuerpo como fuente inagotable de propiedades preventivas y curativas. Algunos estudios centraron su análisis en las cualidades que tiene este vegetal en la prevención de ciertos cánceres, según datos algunas personas que lo consumían con frecuencia estaban menos expuestas a cánceres de colon y próstata. (PERAVIA INDUSTRIAL, 2008)

El licopeno presente en el tomate presenta propiedades antienvjecimiento. Un ejemplo de estos estudios es el llevado a cabo con un grupo de 90 monjas, en el Sur de Italia, con edades comprendidas entre los 77 y los 98 años. Aquellas con índices mayores de licopeno en la sangre tenían una mayor agilidad a la hora de realizar todo tipo de actividades. (PERAVIA INDUSTRIAL, 2008)

El tomate riñón en invernadero (*Lycopersicon esculentum*) es la hortaliza más cultivada en todo el mundo por sus nutrientes y demanda diaria; se cultiva a campo abierto o en invernadero desde el nivel del mar hasta una altura de 3 200 msnm, como son zonas tropicales, valles y en zonas andinas en temperaturas de 18 a 25°C. (VALLEJOS, 2013) Necesita de mucha agua y de suelos ricos en materia orgánica. El tomate riñón es uno de los cultivos más importantes, por ser una hortaliza de consumo masivo, su popularidad aumenta debido a su alta producción y rentabilidad. Sin duda, esta alternativa es un rubro significativo en la economía actual de las familias agricultoras. (INDÍGENAS, 2003)

Por otra parte, conviene saber que un tomate contiene vitaminas A, B1, B2, B3, B6, C, K y E y numerosas sales minerales, como potasio, cloro, fósforo, calcio, azufre, magnesio,

sodio, hierro, cobre, zinc, yodo, cobalto, manganeso, cromo, níquel y flúor. Por todo esto es lógico pensar que se trata de un alimento sumamente nutritivo.

Debido al cuidado que necesita en todo el proceso de producción se ve necesario cultivarlo bajo invernadero ya que ayuda a que el producto cubra las demandas del mercado ecuatoriano, pero de la misma manera ocasionando una labor del clasificado y del tiempo que se requiere para la misma, por tanto se vio la necesidad de diseñar y construir una máquina que facilite este proceso de clasificación en menor tiempo.

A nivel mundial no existe una gama extensa de máquinas especializadas para recoger y clasificar los tomates, según nuestra investigación existe la empresa “SORTER” máquinas para clasificación de frutas tiene su red de distribución en Europa Rusia América del Norte y América Latina, otra empresa que fabrica clasificadoras de tomate es en China Zhengzhou Thoyu Import & Export Trading Co., Ltd. Las mismas que su importación traen consigo costos exorbitantes que para los pequeños agricultores de nuestro medio son muy difíciles de afrontar.

En Ecuador, este tipo de máquinas clasificadoras de tomate no se encuentran fácilmente por el motivo que no existe una entidad nacional capaz de diseñar y construir en tal forma que presten servicios agrícolas o estén disponibles para adquirirlas en el mercado nacional. (PALLASCO, 2017)

Cada ecuatoriano consume, en promedio, 4 kilos de tomate riñón al año. Eso explica la popularidad de este fruto nativo de América. Ya sea crudo o en ensaladas, cocinado para darle sabor a las comidas o industrializado en forma de salsa. (EL COMERCIO, 2011)

En la actualidad los agricultores no cuentan con un sistema netamente de clasificación de este producto , lo único que realizan es transportar los productos de un lugar a otro para su posterior clasificación y empaque en forma manual lo que genera una mayor inversión en tiempos y costos.

En nuestro país el sistema actual de clasificación de este tipo de hortalizas no permite un óptimo desempeño ya que se lo realiza netamente “al ojo” sin una estandarización adecuada que genera un desbalance a la hora de fijar los precios en el producto. El simple hecho que las personas manipulen sus productos genera una desconfianza por parte del consumidor ya que mientras se clasifica, las personas pueden faltar a

las normativas de salud. En consecuencia, se puede decir que el sistema actual de transporte y clasificación de las frutas se lo realiza de una forma precaria que, para el mundo en que vivimos, no resulta ser competitivo en el mercado.

## **1.2 Justificación**

Al concluir esta investigación se dispondrá de una maquina diseñada, probada y calificada capaz de clasificar 80 cartones de 23 Kg/hora la misma que satisface la demanda en función de la producción y garantice un incremento de producción y una disminución significativa en costos. Por otro lado al no encontrar una metodología en la literatura proponemos el trabajo una metodología general para el diseño, fabricación y evaluación de máquinas seleccionadoras de tomate, lo cual finalmente constituye un aporte para futuros trabajos.

En Ecuador Provincia de Chimborazo, cantón Riobamba, parroquia Yaruquíes, se realizara este proyecto de titulación. La máquina ayudara a clasificar en menor tiempo posible y con menor número de mano de obra.

El diseño servirá como un prototipo para futuros rediseños de acuerdo a las necesidades de los productores. También será el inicio de una nueva tecnología para el desarrollo agrícola del país.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 *Objetivo General***

Diseñar, construir y probar una máquina clasificadora de tomate riñón con una capacidad de clasificar 80 cartones de 23 kg/hora.

### **1.3.2 *Objetivos Específicos***

- Estudiar el estado del arte para el proceso de clasificación del tomate riñón.
- Investigar el proceso de clasificación y tipos de tomates existentes en el Ecuador.
- Definir las dimensiones geométricas de los elementos de la máquina.
- Seleccionar los componentes constitutivos de la máquina.

- Probar el funcionamiento correcto del equipo.

#### **1.4 Alcance**

La máquina está diseñada para cumplir con los requerimientos establecidos de la producción obtenida, además servirá como un prototipo para futuros rediseños y mejoras en la misma. Se clasificará cuatro tamaños diferentes con ayuda de rodillos de acuerdo a la necesidad del usuario.

## CAPÍTULO II

### 2 FUNDAMENTOS Y MARCO TEORICO SEGÚN EL ESTUDIO DEL ARTE

#### 2.1 Cultivo del tomate, Origen

Según Nuez, señala que a la llegada de los españoles a América el tomate está integrado en la cultura azteca y en la de otros pueblos del área mesoamericana. Lo cultivan, lo venden y lo consumen en una variedad de formas. Sin embargo, no ocurre ello en la región andina. En esta zona, hay un consumo incidental de formas no cultivadas. Hay quienes sugieren que su origen se encuentra en México. (NUEZ, 1999)

Existen dos aspectos indudablemente ciertos:

a.- El tomate cultivado se originó en el Nuevo Mundo donde alcanzó un alto grado de domesticación luego fue llevado a Europa y Asia.

b.- Su más probable antecesor es el tomate cereza silestre (*Lycopersicum esculentum* var. *cerasiforme*), encontrado en toda América en la época precolombina. (NUEZ, 1999)

En la primera mitad del siglo XVI, el farmacéutico y botánico Petrus Matthiolus catalogó al tomate como producto comestible y lo incluyó dentro de la misma familia de la mandrágora. ¡He allí el error! Pues la mandrágora era bien conocida en aquella época como una planta tóxica. Y, por extensión, desde principios del siglo XVII y durante dos siglos después, se creyó que el tomate era también un producto tóxico. Aunque a veces se aplicaba con fines medicinales, su consumo estaba desaconsejado. Pero claro, la confusión no podía durar para siempre. Los marineros del mediterráneo habían visto cómo en América sí lo consumían y lo hacían sin cuidado alguno, al igual que el maíz o la patata. Por tanto, algunos aventureros se animaron a probarlo; esperaron un tiempo y a falta de enfermedad dedujeron que no era nada tóxico. (AGROALIMENTANDO).

#### 2.2 El tomate es una fruta sana

Por fin en 1731, el tomate fué desmentido de su “toxicidad” y pudo darse entrada hacia el mundo gastronómico. Pero claro, los cambios suelen tener detrás a un responsable y en

este caso quien limpió la reputación del tomate fue el botánico Phillip Millar. Éste es el mismo botánico que bautizó a la hortaliza con el nombre científico *lycopersicon esculetum* (que significa comestible en latín). A partir de allí, poco a poco, el tomate se convirtió en protagonista de innumerables platos. Se generalizó en toda Europa por su sabor, su ductilidad y facilidad de cultivo. Para hoy ser ese amigo innegable de todo cocinero, capaz de dar ese toque justo de sabor y color a cada plato. (AGROALIMENTANDO)

El tomate riñón es considerado una hortaliza muy importante en el consumo de los hogares en nuestro país, por sus proteínas y vitaminas A y C.

En el Ecuador el consumo de hortalizas a partir de la década de los años 90 ha crecido paulatinamente debido al cambio en los hábitos alimenticios de la población, el tomate riñón es un alimento que se consigue fácilmente y existe muchas variedades para su consumo.

Tomando datos del III Censo Nacional Agropecuario del 2000, la producción de tomate riñón llegó a ocupar el cuarto lugar en importancia por área sembrada de hortalizas en el país.

### 2.3 Taxonomía y morfología

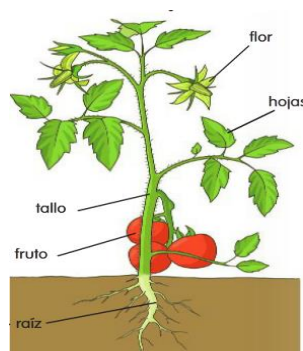


Figura 2-1. Partes de una planta de tomate

Fuente: (BLOGSPOT, 2015)

La clasificación taxonómica del tomate riñón se la define en la tabla 2-1:



Tabla 2-1. Clasificación taxonómica del tomate

<b>División</b>	Magnoliophyta
<b>Sub – división</b>	Angiosperma
<b>Clase</b>	Magnoliopsida
<b>Sub – clase</b>	Metaclamídea
<b>Orden</b>	Solanales (Pernosatae)
<b>Familia</b>	Solanaceae
<b>Sub - Familia</b>	Solanoideae
<b>Tribu</b>	Solaneae
<b>Genero</b>	Lycopersicum
<b>Especie</b>	Esculentum
<b>Nombre Científico</b>	Lycopersicum esculentum Mill

Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: (NUEZ, 1999)

## 2.4 Características botánicas

### 2.4.1 *Raíz*

Tiene como función principal de absorber y transportar nutrientes así como la sujeción de la planta al suelo. El sistema radical del tomate está constituido por la raíz principal, raíces secundarias y raíces adventicias. Parte de la sección transversal de la raíz principal indica la existencia de tres zonas claramente diferenciadas, la epidermis, el córtex y el cilindro central o vascular. (NUEZ, 1999)

### 2.4.2 *Tallo*

Tiene un diámetro de 2-4 cm, es erguido durante los primeros estados de desarrollo, pero pronto se tuerce a consecuencia del peso. Puede llegar hasta los 2.5 m de longitud. Su

superficie es angulosa provista de pelos agudos y glándulas que desprenden un líquido de aroma muy característico. (MORENO, 2008)

#### 2.4.3 *Hojas*

Las hojas del tomate son pinnado compuestas. Una hoja típica de las plantas cultivadas tiene unos 0.5m de largo, algo menos de anchura, con un gran foliolo terminal y hasta 8 grandes foliolos laterales. (NUEZ, 1999)

#### 2.4.4 *Flores*

Las flores se presentan formando inflorescencias que pueden ser de cuatro tipos: racimo simple, cima unípara, cima bípara y cima múltipara; pudiendo llegar a tener hasta 50 flores por inflorescencia. (MORENO, 2008)

#### 2.4.5 *Fruto*

El fruto de tomate puede superar un peso final en la madurez que oscila entre los 5 y los 500g. En función de la variedad y las condiciones de desarrollo, está constituido por la epidermis o piel, la pulpa, el tejido placentario y las semillas. (NUEZ, 1999)

#### 2.4.6 *Semilla*

Son grisáceas, de forma oval, aplastada y de 3 a 5 mm de diámetro. La superficie está cubierta de vellosidades, pequeñas escamas y restos del egumento externo que las revestía. En un grano hay de 300 a 350 semillas. El fruto en ocasiones carece de semillas. (RODRIGUEZ, 1989)

### 2.5 **Composición química**

NUEZ, manifiesta el fruto fresco es rico en vitamina C, el poder calorífico del tomate es bajo debido a su escaso contenido en materia seca y grasas; el contenido en agua como en los restantes componentes depende tanto de la variedad, nutrición, condiciones de cultivo, etc. (NUEZ, 1999)

Tabla 2-2. Valores orientativos de la composición del fruto de tomate maduro

Componente	Peso fresco %
Materia seca	6.5
Carbohidratos totales	4.70
Grasas	0.15
N proteico	0.40
Azucares reductores	3.00
Sacarosa	0.10
Solidos solubles totales (° Brix)	4.50
Acido málico	0.10
Ácido cítrico	0.20
Fibra	0.50
Vitamina C	0.02
Potasio	0.25

Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: (NUEZ, 1999)

## 2.6 Requerimientos de clima y suelo

### 2.6.1 *Clima*

Según Rodríguez el tomate es una planta que se adapta bien a una gran variedad de climas con la sola excepción de aquellos en que se producen heladas, puesto que resulta sensible a este fenómeno. (RODRIGUEZ, 1989)

El cultivo de tomate en el Ecuador prospera entre climas cálido a frío moderado, en latitudes que van desde los 0 a 3200 m.s.n.m., su cultivo se hace bajo condiciones

protegidas (invernadero), en lugares ecológicos que lo permiten dadas sus buenas condiciones de suelo, luminosidad y disponibilidad de agua. (MORENO, 2008)

### 2.6.2 *Temperatura*

La temperatura es un factor importante en las funciones vitales de la planta, como son la transpiración, fotosíntesis, germinación, etc., teniendo cada especie vegetal y en cada momento de su ciclo biológico una temperatura óptima. (RODRIGUEZ, 1989)

Para el tomate las temperaturas según el ciclo de vida, se observan en la tabla 2-3.

Tabla 2-3. Temperaturas según el ciclo de vida

Temperaturas nocturnas:	15 – 18 °C
Temperaturas diurnas:	24 – 25 °C
Temperatura ideal en la floración:	21 °C
Temperatura ideal para su desarrollo vegetativo:	22- 23 °C
Temperatura en que paraliza su desarrollo vegetativo:	12 °C
Temperatura que necesita calefacción artificial	7 °C o menos

Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: (NUEZ, 1999)

### 2.6.3 *Suelos aptos para el cultivo*

Rodríguez, indica el tomate no es una planta exigente con respecto al suelo creciendo en las más complicadas condiciones; se prefiere suelos profundos y con buen drenaje, su sistema radicular poco profundo le permite adaptarse a los suelos y de poca profundidad con tal que tenga asegurado un buen drenaje. (RODRIGUEZ, 1989)

Generalmente los suelos arcillosos producen cosechas más tardías y abundantes.

#### 2.6.4 *El tomate y sus características nutricionales*

El tomate riñón contiene licopeno; antioxidante que previene el cáncer de próstata y ayuda en la dieta de personas con hipertensión arterial; rico en fibra, si se come con su envoltura, tiene vitaminas A, B, C, y E; y minerales como el potasio y el fósforo. (MENDOZA)

A continuación en la tabla 2-4 se observa valores referenciales de las propiedades nutricionales que aporta el tomate a nuestro organismo:

Tabla 2-4. Propiedades nutricionales del tomate riñón

COMPUESTO	CANTIDAD	UNIDAD
Calorías	17	Cal
Agua	94.3	%
Carbohidratos	3.3	Gr
Grasas	0.1	Gr
Proteínas	0.9	Gr
Fibra	0.8	Gr
Cenizas	0.6	Gr
Sodio	9	mg
Calcio	7	mg

Tabla 2-4. Continuación

Fósforo	19	mg
Hierro	0.7	mg
Vitamina A	1100	UI
Tiamina	0.05	mg
Riboflavina	0.02	mg

Niacina	0.6	mg
Ácido ascórbico	2.0	mg

Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: (PÉREZ)

## 2.6.5 *Principales preocupaciones al ingerir tomates*

Los tomates suelen tolerarse bastante bien y no suele haber casos de alergias

### 2.6.5.1 *Alergia*

Aunque es raro que se produzcan casos de alergia al tomate, pueden provocarla a personas que sean alérgicas al polen de las gramíneas. Esto se conoce como síndrome de la alergia al polen, conocido también como síndrome de alergia oral.

En este síndrome, se ataca el sistema inmune de frutas y verduras que son parecidas al polen, lo cual provoca reacciones alérgicas como el picor en la boca, garganta irritada o hinchazón en la boca y garganta.

Las personas que son alérgicas al látex también pueden sentir reactividad cruzada a los tomates.

### 2.6.5.2 *Contaminación*

Los tomates pueden tener niveles altos de fluoruro si han sido expuestos al gas de flúor o al fluoruro que puede haber en el suelo.

Los tomates suele ser bien tolerados, pero pueden provocar reacciones alérgicas a personas que son alérgicas al polen de las gramíneas. Los tomates que han sido cultivados en suelos contaminados pueden contener niveles altos de fluoruro. (ADELGAZAR RÁPIDO, 2015)

## 2.7 Variedades de tomates que se producen en el mundo y zonas de cultivo

La producción mundial de tomate ronda las 159.347.031 toneladas al año. El Tomate es originario de América, desde el sur del Ecuador hasta el Norte de Chile e Islas Galápagos. Se cultiva principalmente en América, en las zonas templadas y tropicales que no posean temperaturas inferiores a 15 °C, desde Estados Unidos, México, Centro América hasta Perú, Brasil y norte de Chile. En Asia y Europa en países como China, Turquía, Egipto, Italia, India, Irán y España. Los principales países productores del mundo son: China, Estados Unidos, Turquía, Egipto, Italia, India, Irán, España, Italia, Brasil, México.

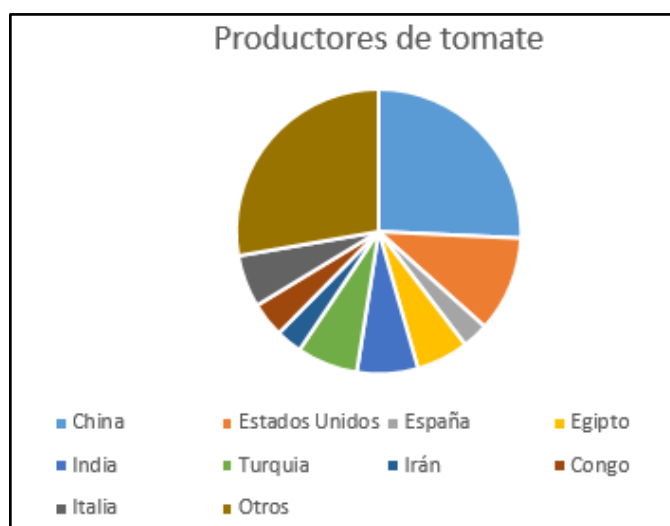


Figura 2-2. Distribución países productores de tomate

Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: FAOSTAT. Cálculos: Corporación Colombia Internacional

En el país hay aproximadamente 3 350 hectáreas de tomate. La producción es de 68355 toneladas al año. (MINISTERIO DE AGRICULTURA, 2015) La mayoría de tomateras está ubicada en la provincia de Santa Elena y en los valles de Azuay, Imbabura y Carchi.

Las plantas de tomate dan fruto entre los tres y cinco meses, dependiendo de la variedad. En 1000 metros cuadrados se cosecha 100 cartones, de 23 kilogramos. Para cultivar tomate hay que tomar en cuenta el lugar en donde se va a producir y el destino de la producción. Bajo invernadero, por ejemplo, dan buenos resultados las variedades fortaleza, fortuna y Sheila. Mientras que en campo abierto se cultivan mejor las especies

Pietro, Sheila y titán, según datos obtenidos en el Ministerio de Agricultura y Ganadería. En todo caso, los técnicos coinciden en que primero hay que realizar un estudio de los suelos, clima y el mercado antes de decidirse por la siembra de una variedad de tomate.

## 2.8 Variedades de tomates que se producen en el Ecuador

A escala mundial hay 44 variedades para el consumo del fruto fresco y 24 para la industria. En el Ecuador existen 7 variedades con mayor acogida y son: Micaela, Charleston, Pietro, Cherry, Chonto, Daniela y Sheila. (FONTE, 2013)

En la Tabla 2-5 se denota las variedades de los tomates con sus respectivas características.

Tabla 2-5. Variedades de tomates con mayor acogida en el Ecuador

<b>VARIEDADES</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>MODO DE CULTIVO</b>	<b>PESO (g/unidad)</b>
<b>MICAELA</b>	Ideal para invernadero.  Tiene excelente color y firmeza, racimo uniforme y redondo.	Crece en zonas frías  Y con baja luminosidad	150 – 180
<b>CHARLESTON</b>	Híbrido de larga vida, su fruto es redondo.  Son firmes y excelente sabor  Cosecha 3 meses después del trasplante.  Firmes y resistentes a la manipulación.	Se desarrolla en clima templado.  Se cultiva bajo campo abierto y bajo invernadero.	200 – 240

Tabla 2-5. Continuación

<b>DANIELA</b>	Crece en 8 meses.  Ya produce a los 3 meses.  Se cultiva bajo invernadero.	No necesita fertilización.	240 – 260
----------------	--	----------------------------	-----------



<b>CHERRY</b>	Pequeño, rojo y del tamaño de una cereza.  Su reducido tamaño permite cultivarlo en una maceta.	Requiere gran cantidad de luz.	50 – 70
<b>CHONTO</b>	Fruto mediano.  Su consistencia es dura y resistente a los viajes largos.		120 – 180
<b>PIETRO</b>	Sus ramas son fuertes con racimos entre 5 y 7 frutos  Son semi redondos.	Su mata es vigorosa	230 – 250
<b>SHEILA</b>	Tamaños de 5 a 6 centímetros	Cultivos a campo abierto	150 – 200

Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: Investigación de campo

### 2.8.1 *Variedad Daniela*

Crece en 8 meses, no necesita demasiada fertilización para obtener frutos de buen calibre. A los tres meses comienza a producir. Se cultiva bajo invernadero. El fruto pesa de 240 a 260 gramos. Es resistente y dura hasta un mes en la percha. (FONTE, 2013)



Figura 2-3. Tomate Daniela

Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: Investigación de campo

## 2.9 Cultivo del tomate

El tomate es una planta de ciclo corto, el cultivo de la mayoría de variedades se lo realiza a los 3 meses, mientras que indeterminadas variedades requieren tiempos más largos, se diferencian por su forma, tamaño y color estando listo para el consumo. (FONTE, 2013)

La época seca, donde hay facilidades de riego, es el período de cultivo más adecuado para la siembra de este cultivo, ya que la incidencia de enfermedades es más baja y los costos de producción menores.

### 2.9.1 Cosecha

Nuez, indica la madurez fisiológica se identifica cuando el fruto es de un color rojo intenso uniforme. La recolección debe hacerse en las primeras horas de la mañana. (NUEZ, 1999)

De forma manual o de tipo mecánico, depositando el fruto en recipientes que contengan en su interior acolchados de papel, viruta, etc.

En las investigaciones de campo se ha podido observar que la recolección de los frutos es de forma manual como se observa en la figura 2-4; el fruto es desprendido del racimo, luego se los ubica en baldes plásticos para posteriormente ubicarlos en sus respectivas gavetas de clasificación.



Figura 2-4. Revisión de estado del fruto

Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: Investigación de campo

La variedad de la cosecha se produce de acuerdo al siguiente detalle como se demuestra en la tabla 2-6:

Tabla 2-6. Cosechas según variedades

Variedades precoces	a los 80 – 85 días
Variedades intermedias	a los 85- 90 días
Variedades tardías	a más de 90 días

Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: (SUQUILANDA, 2003)

Así mismo dependiendo de la variedad y de las condiciones de cultivo, la cosecha puede durar entre 30 y 35 semanas, efectuándose una recolección semanal.

Según el mercado y de acuerdo a las necesidades del cliente el tomate se puede caracterizar por color, en la tabla 2-7 siguiente se detalla:

Tabla 2-7. Tipos de tomates según el color

Verde sazón	Para mercados distantes	El fruto ha adquirido su desarrollo pero no ha cambiado su color
Pintón	Para mercados locales	Presentan un color verde – rosado en el 60 % de su superficie.

Tabla 2-7. Continuación

Madurez completa	Para la industria, extracción de semilla y huertas caseras.	Más del 90% de la superficie del fruto ha adquirido máxima coloración
------------------	---	---

Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: (NUEZ, 1999)

Tomate verde sazón

Tomate pintón

Tomate con madurez completa



Figura 2-5. Cosecha del tomate de acuerdo a su color

Fuente: Autores

### 2.9.2 *Post cosecha*

Las jabas se deben localizar inmediatamente en un sitio seco y fresco, preferible aclimatado. Se recomienda temperaturas de 8°C – 12 °C, con una humedad relativa del 80% - 90%. La selección del material de cosecha se lo hace con los guantes de látex, facilitando la manipulación de la misma, con esta última el trabajo final es mucho mejor.

Limpieza: se debe eliminar especialmente los residuos de cosecha, hojas, impurezas, frutos rotos, etc. (MINISTERIO DE AGRICULTURA, 2015)

## 2.10 Características del tomate para su selección

### 2.10.1 *Tipos de tomate para consumo en fresco*

En la tabla 2-8 se puede observar los diferentes tipos de tamaños del fruto de tomate con sus respectivas variedades de crecimiento.

Tabla 2-8. Tamaños de tomates calibrados

TAMAÑO FRUTO	ACOSTILLADO DEL FRUTO	TIPO DE CRECIMIENTO	TIPO
Frutos gruesos calibre G Y GG > 67mm	Liso o ligero	Indeterminado Determinado	Beefsteak Bush beefsteak americano

	Medio o fuerte	Determinado e Indeterminado	Marmande
Frutos medianos calibre M. 57 – 67 mm	Liso o ligero	Indeterminado determinado	Vemone Frances
Frutos pequeños calibre MM. 47- 57 mm	Lisos	Indeterminado	Moneymaker y canario
Frutos pequeños calibre MMM < 47 mm	Lisos	Indeterminado	Redondos Aperados
Frutos muy pequeños < 30 g	Lisos	Indeterminado	Cereza (Cherry) Comestibles y ornamentales

Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: (NUEZ, 1999)

Como existen algunos tipos de variedades de tomates que se cultiva en Ecuador y nuestro trabajo de titulación va orientado para la variedad Daniela, se realizó un estudio de campo obteniendo las siguientes características del tomate Daniela.

### **2.11 Características físicas del tomate Daniela**

Luego de haber realizado una exhaustiva investigación de campo, se pudo conocer que la clasificación se la realiza de forma manual y basándose en la forma del fruto. Las diferentes formas o tamaños se detallan a continuación en la figura 2-6.



Figura 2-6. Clasificación del tomate Daniela según su tamaño

Fuente: Autores

Las características físicas más importantes del tomate son:

### 2.11.1 *Dimensiones del tomate*

Las medidas más importantes son dimensiones de alto y el diámetro mayor como se indica a continuación en la figura 2-7. Se utilizó un calibrador pie de rey con precisión de 0.05 [mm].



Figura 2-7. Dimensiones del tomate.

Fuente: Autores

### 2.11.2 *Masa del tomate*

La masa del tomate se la determinó por medio de una balanza manual TRIPLE BEAM BALANCE Marca registrada OHAUS con capacidad para 2610 gramos, con una sensibilidad de 0.1 g / 0.1g por lectura directa como se indica en la figura 2-8.



Figura 2-8. Ensayo de masa para cada tamaño de tomate Daniela

Fuente: Autores

De acuerdo a los ensayos realizados a cada uno de los tomates se obtuvo los siguientes resultados, se aprecian en la tabla 2-9.

Tabla 2-9. Características físicas del tomate Daniela

<b>CLASE</b>	<b>DIAMETRO MAYOR</b>	<b>ALTURA</b>	<b>MASA APROXIMADA</b>
Primera	Mayor a 72 [mm]	Mayor a 60 [mm]	Entre 151 y 210 [g]
Segunda	Mediano de 60 a 71 [mm]	53 – 59 [mm]	Entre 117 y 150 [g]
Tercera	Pequeño de 49 a 59 [mm]	44 – 52 [mm]	Entre 74 y 116 [g]
Bola	Menor de 49 [mm]	Menor a 44 [mm]	Menor a 74 [g]

Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: (NUEZ, 1999)

## 2.12 Procesos de clasificación del tomate

Existen dos sistemas de clasificación: manual y mecanizada aunque en algunos cultivos se utilizan combinaciones de ambos, como por ejemplo: cebolla, papa, zanahoria y otras especies, en donde la remoción del suelo para la cosecha manual es facilitada por medios mecánicos.

### 2.12.1 *Clasificación manual*

La elección de un sistema u otro depende fundamentalmente del cultivo considerado, del destino y muy especialmente del tamaño del predio a ser cosechado. La cosecha manual es el sistema predominante para la recolección de frutas y hortalizas para el consumo en fresco, mientras que la mecánica es preferida en hortalizas con fines industriales y en algunas otras cultivadas normalmente en grandes extensiones.

La principal ventaja del sistema manual se basa en la capacidad del ser humano de seleccionar el producto en su adecuado estado de madurez y de manipularlo con mucha mayor suavidad garantizando de esta manera una mayor calidad y menor daño. (FAO)

Es necesario, sin embargo, un adecuado entrenamiento del personal de clasificación del tomate y una estricta supervisión.

El tomate puede ser clasificado manualmente mediante el uso de calibres fijos que pueden ser confeccionados en madera, como se indica en la Figura 2-9. (INEN, 1990 pág. 5)

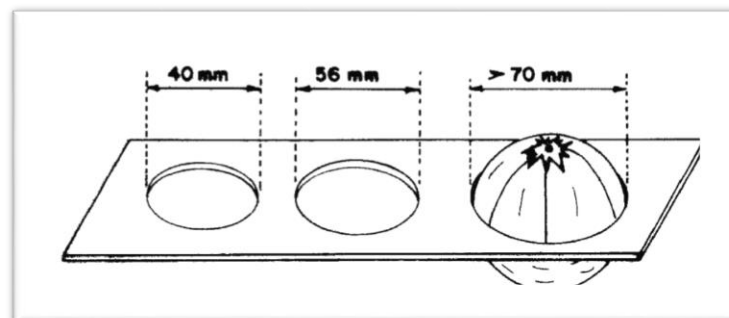


Figura 2-9. Clasificación mediante calibre

Fuente: (INEN, 1990 pág. 5)

El sistema de clasificación, conocido como calibrador, es el elemento que clasifica la fruta en función de diferentes criterios. Tradicionalmente estos criterios han sido parámetros de calidad externa de los frutos (peso, tamaño, color y defectos externos). Actualmente ya existen calibradores comerciales capaces de clasificar los frutos por parámetros de calidad interna (firmeza, contenido en azúcares, contenido en ácidos, etc.) (CAÑAVATE, 2012)

La tabla 2-10 muestra una clasificación de los diferentes equipos disponibles hoy en día comercialmente para la medida de parámetros de calidad en línea.



Tabla 2-10. Clasificación de equipos calidad interna y externa

<b>Tipo de calidad</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Equipo/ Técnica</b>
Calidad externa	Peso	Calibradores electrónicos
	Dimensiones	Calibradores mecánicos (obsoletos)
		Sensores ópticos Calibradores mecánicos
	Color	Sensores ópticos
Defectos externos	Sensores ópticos	
Calidad interna	Firmeza	Sensores ópticos
		Sensores acústicos
		Sensores de impacto
Azúcares	Sensores ópticos	
Ácidos	Sensores ópticos	

Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: (CAÑAVATE, 2012)

Normalmente un calibrador está formado por una serie de cadenas de transporte dispuestas paralelamente entre sí en las que la fruta se encuentra individualizada para facilitar la medida del parámetro deseado.

A la hora de elegir un calibrador hay que tener en cuenta los siguientes condicionantes: debe tener capacidad suficiente para satisfacer las necesidades de la línea, debe aportar la precisión necesaria para segregar la fruta y no debe causar daño a la misma.

### 2.12.2 *Clasificación mecanizada*

La clasificación mecanizada tiene como ventaja la rapidez y un menor costo por volumen clasificado.

Para la clasificación mecanizada del tomate existen dos métodos:

1. Clasificación por su peso.
2. Clasificación por su forma.

#### 2.12.2.1 *Clasificación por su peso*

Varía de los 3 centímetros que puede medir un tomate cherry hasta más de 10 centímetros de un tomate de ensalada. Estos últimos pueden pesar entre 80 y 300 gramos.

En el mercado existen algunas clasificadoras, que constan de una serie de máquinas que son ayudadas por bandas transportadoras, rodillos, tambores giratorios y de redes divisoras, etc. (CAÑAVATE, 2012)

#### 2.12.2.2 *Clasificación por su forma*

Difiere según la variedad (esférica, alargada, periforme), aunque la mayoría ofrece frutos redondeados. Esta característica es muy importante debido a que mayor tamaño mayor costo en el mercado.

- El tamaño se determina:
  - 1.-Por el diámetro ecuatorial máximo en los tomates redondos o apostillados.
  - 2.-Por el diámetro máximo de la sección más ancha en los tomates alargados.

La mesa que se observa en la figura 2-10 nos indica combinación de 2 operaciones, la clasificación y el empaque. El producto entrante se coloca en el compartimiento clasificador; a continuación, un operador lo clasifica y lo coloca en el compartimiento de empaque y, finalmente un segundo operador lo empaca.

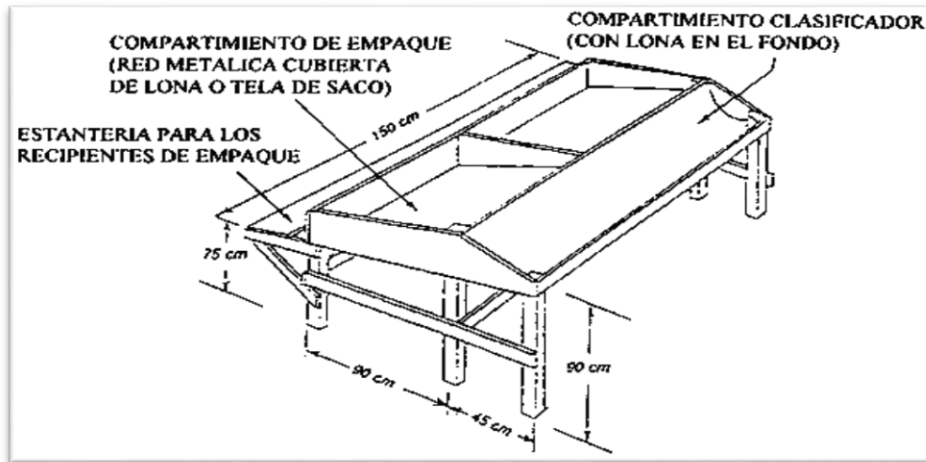


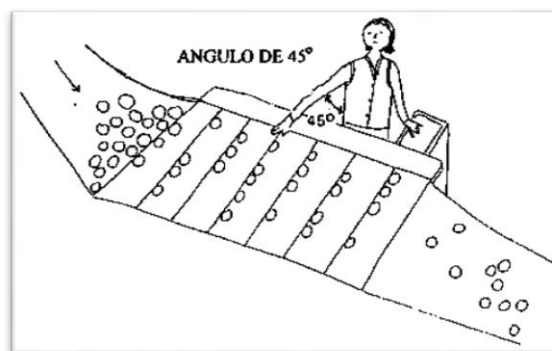
Figura 2-10. Clasificación y sistema de estantería

Fuente: (KITINOJA, 1996)

Se recomienda que los brazos de los operarios formen un ángulo de 45 grados cuando se extienden hacia la mesa y que la anchura de la mesa sea menor de 0.5 metros para reducir el esfuerzo al extender sus brazos. Una buena iluminación aumentará la capacidad del trabajador para reconocer los productos a descartar. La mesa y Las bandas transportadoras oscuras pueden reducir la fatiga ocular.

Cuando un sistema transportador está en funcionamiento, el producto no debe fluir demasiado rápido para permitir a los trabajadores realizar bien su tarea. La velocidad de rotación que imprimen los transportadores de barra de empuje o de rodillos deberá regularse de manera que el producto rote al menos dos veces en el campo visual del operario.

Figura 2-11. Ubicación correcta de los brazos sobre la mesa



Fuente: (KITINOJA, 1996)

### 2.12.3 *Máquinas en el mercado*

A nivel mundial no existen una gama extensa de máquinas especializadas para recoger y clasificar los tomates, según nuestra investigación existe la empresa “SORTER” máquinas para clasificación de frutas tiene su red de distribución en Europa Rusia América del Norte y América Latina, otra empresa que fabrica clasificadoras de tomate es en China Zhengzhou Thoyu Import & Export Trading Co., Ltd. Las mismas que su importación traen consigo costos exorbitantes que para los pequeños agricultores de nuestro medio son muy difíciles de afrontar.

En la actualidad los agricultores no cuentan con un sistema netamente de clasificación de este producto , lo único que realizan es transportar los productos de un lugar a otro para su posterior clasificación y empaque en forma manual lo que genera una mayor inversión en tiempos y costos.

En nuestro país el sistema actual de clasificación de este tipo de hortalizas no permite un óptimo desempeño ya que se lo realiza netamente “al ojo” sin una estandarización adecuada que genera un desbalance a la hora de fijar los precios en el producto. El simple hecho que las personas manipulen sus productos genera una desconfianza por parte del consumidor ya que mientras se clasifica, las personas pueden faltar a las normativas de salud. En consecuencia, se puede decir que el sistema actual de transporte y clasificación de las frutas se lo realiza de una forma precaria que, para el mundo en que vivimos, no resulta ser competitivo en el mercado.

#### **1.1 Normas para manipulación de alimentos**

Estudiaremos las diferentes normas que rigen en el diseño de la máquina con respecto a la manipulación de alimentos, aunque uno de los principales objetivos del diseño es que el equipo cumpla la función técnica para la que es construido; los requisitos higiénicos no deben entrar en conflicto con la misma, siempre teniendo presente no poner nunca en peligro la seguridad alimentaria.

#### 2.12.4 *CPE INEN 001 (1987): Código de práctica para manipulación de alimentos*

Norma ecuatoriana para manipulación de alimentos cuya elaboración ha sido basada en las recomendaciones de la FAO (Naciones Unidas) escritas en el Codex Alimentarius, así como la experiencia científica y técnica más coherente en el orden nacional e internacional; este código recomienda prácticas de higiene en la manipulación partiendo desde el cultivo y recolección, preparación, elaboración, envasado, almacenamiento, transporte, distribución y venta de alimentos para el consumo humano garantizando un producto saludable y sano. (PALLASCO, 2017)

#### 2.12.5 *RTE INEN 131 “Seguridad e higiene de maquinaria para procesamiento de alimentos”; Reglamento Técnico Ecuatoriano*

Este reglamento técnico establece los requisitos de seguridad e higiene, que debe cumplir la maquinaria para procesamiento de alimentos, con el fin de proteger la seguridad, la vida y la salud de las personas, el medio ambiente, y prevenir prácticas que puedan inducir a error a los usuarios.

### 2.13 **Marco teórico**

#### 2.13.1 *Aceros de transmisión SAE 1018*

Este tipo de acero es utilizado en aplicaciones con cargas mecánicas no muy severas, con ciertos grados de tenacidad, ejemplo: pernos y tuercas, piezas de máquinas pequeñas, ejes, bujes, pasadores, grapas, etc. Factible de cementación con buena profundidad de penetración debido a su alto contenido de manganeso. Presenta excelente soldabilidad. En la siguiente tabla se observa las propiedades mecánicas.

Tabla 11-2. Propiedades mecánicas SAE 1018

Diámetro, mm	
Esfuerzo de cedencia ( $\text{Kg/mm}^2$ )	min 31
Resistencia a la tracción ( $\text{Kg/mm}^2$ )	51 – 71

Tabla 11-2. Continuación

Elongación, A5	20%
Reducción de área Z	57%
Dureza (HB)	163

Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: (IVÁN BOHMAN)

### 2.13.2 *Aceros inoxidables*

Los aceros inoxidables se utilizan como materiales de ingeniería por su excelente resistencia a la corrosión en muchos ambientes. La resistencia de este tipo de aceros a la corrosión se debe a su alto contenido de cromo, en una cantidad superior a 10%, hasta valores del orden de 30%. El Cr es un metal reactivo y se combina con el oxígeno del aire o en cualquier otra condición para formar un óxido superficial que protege de la corrosión a la aleación de hierro – cromo subyacente. Para que exista este óxido protector, el acero inoxidable debe estar expuesto a agentes oxidantes. (LAUFANG, 2003)

Para algunos investigadores la resistencia a la corrosión de los aceros inoxidables es el resultado de la presencia de esta fina, densa (no porosa), continua, insoluble, adherente, tenaz, autoregenerante e impermeable capa de óxido hidratado de Cromo en la superficie de estos aceros que impide, el contacto del acero con el medio oxidante.

La composición de esta película varía con el tipo de acero y con los diferentes tratamientos tales como laminado, decapado (pickling) o tratamiento térmico. (LAUFANG, 2003)

A medida que aumenta el riesgo de corrosión es necesario aumentar la concentración de Cr aunque debe recordarse que el aumento de resistencia a la corrosión no tiene por qué ser proporcional. Sin embargo con alrededor de 18% de Cr el acero está en condiciones de soportar las más rigurosas condiciones atmosféricas.

Tabla 2-11. Métodos de corte de acero inoxidable

Método	Espesor	Comentario
Guillotina	Láminas, cintas, placas finas	Preparar el borde expuesto al ambiente para eliminar rendijas
Corte por sierra y abrasivo	Amplio rango de espesores	Eliminar lubricantes o líquidos de corte antes la soldadura o tratamiento térmico
Maquinado	Amplio rango de formas	Eliminar lubricantes o líquidos de corte antes de la soldadura o tratamiento térmico
Corte con arco de plasma	Amplio rango de espesores	Amolar las superficies cortadas para limpiar el metal
Corte con polvo metálico	Amplio rango de espesores	Corte menos preciso que con plasma, se deben eliminar todas las escorias
Corte por arco de grafito	Usado para acanalar la parte de atrás de soldaduras y cortar formas irregulares	Amolar las superficies cortadas para limpiar el metal

Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: (ACERIND S C)

### 2.13.3 *Aceros inoxidables austeníticos*

Estos son los aceros inoxidables al cromo-níquel (3xx) y al cromo – níquel – manganeso (2xx), que resultan austeníticos; son esencialmente no magnéticos en la condición de recocido y no endurecen por tratamiento térmico. El trabajo en frío les desarrolla una amplia variedad de propiedades mecánicas, son muy resistentes al impacto y difíciles de maquinar, a menos que contengan azufre y selenio. (AVNER, 1985 pág. 369)

Estos aceros tienen mayor resistencia a la corrosión que los de tipo ferrítico y martensítico porque los carburos pueden conservarse en solución sólida mediante el enfriamiento rápido a partir de altas temperaturas.

#### 2.13.4 *Acero inoxidable austenítico 304*

Es un acero muy utilizado para equipo químico y procesamiento de alimentos. Tiene excelentes propiedades para el conformado y el soldado. Presenta características especiales para la soldadura, resistencia a la corrosión es buena. (MACAS, 2014)

Tabla 2-12. Propiedades del acero inoxidable

Propiedades mecánicas	Resistencia a la fluencia 310 MPa (45 KSI) Resistencia máxima 620 MPa (90 KSI) Elongación 30 % (en 50mm) Reducción de área 40 % Módulo de elasticidad 200 GPa (29000 KSI)
Propiedades físicas	Densidad 7.8 g/cm <sup>3</sup> (0.28 lb/in <sup>3</sup> )
Propiedades químicas	0.08 % C mín. 2.00 % Mn 1.00 % Si 18.0 – 20.0 % Cr 8.0 – 10.5 % Ni 0.045 % P 0.03 % S
Usos	Equipos para procesamiento de alimentos, enfriadores de leche, intercambiadores de calor, contenedores de productos químicos, tanques para almacenamiento de vinos y cervezas, partes para extintores de fuego.

Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: (MACAS, 2014)



### 2.13.5 *Factores que afectan la resistencia a la corrosión de las soldaduras en acero inoxidable*

Es útil describir los tipos de soldaduras y las superficies de acero inoxidable que darán el mejor resultado en ambientes corrosivos. Estos son factores que pueden controlar los soldadores, y no la elección del material, la cual se hace generalmente por el usuario. La fabricación de equipos resistentes a la corrosión debiera ser un esfuerzo conjunto de la selección de la aleación correcta y entonces emplear las prácticas correctas de fabricación y soldadura. Ambos elementos son esenciales. (ACERIND S C)

#### 2.13.5.1 *Electrodos para soldadura de aceros inoxidables*

Existen diferentes tipos de electrodos, los cuales en la mayoría de los casos producen depósitos de soldadura de composición química muy similar a la del metal base.

Tabla 2-13. Tipos de electrodos para soldar inoxidable

<b>Metal base</b>	<b>Electrodo recubierto AWS</b>	<b>Electrodo desnudo y AWS</b>
<b>AISI (UNS)</b>	<b>AWS A5.4 (UNS)</b>	<b>AWS A 5.9 (UNS)</b>
304 (S30400)	E308 (W30810)	ER308 (S30880)
304L (S30400)	E308L (W30813)	ER308L (S30883)
316 (S31600)	E308 (W31610)	ER308 (S31680)
316L (S30400)	E316L (W31613)	ER316L (S31683)

Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: (MACAS, 2014)

### 2.13.6 *Parámetros para seleccionar un motor*

Los aspectos fundamentales para escoger un motor son los siguientes:

- Voltaje al que va a trabajar el motor.
- Frecuencia.
- Velocidad de trabajo del motor.
- Condiciones ambientales donde va a trabajar el mismo.

- Fácil mantenimiento.
- Potencia del motor.
- Costo.

### 2.13.7 *Tolva de alimentación*

Se denomina a un dispositivo parecido a un embudo de gran tamaño destinado al depósito y canalización de materiales de tipo granulado o pulverizado; son de forma cónica y siempre de paredes inclinada como, su alimentación se efectúa por la parte superior y su descarga se la realiza por la parte inferior.

### 2.13.8 *Motor reductor*

La importancia del motor reductor es el de adaptar el movimiento motriz, a la velocidad que necesitamos para que trabaje la máquina.

Los reductores de velocidad son un componente de muchos motores mecánicos, eléctricos, hidráulicos y biológicos. Es más fácil pensar en un reductor de velocidad como un engranaje o una serie de engranajes combinados de tal manera para aumentar el par de un motor.

Un motor reductor tiene un motor acoplado directamente. La sencillez del principio de funcionamiento y su grado de utilidad en una gran variedad de aplicaciones es lo que ha construido la trascendencia de este invento al través de los siglos.

### 2.13.9 *Chumaceras*

Una chumacera es la combinación de un rodamiento radial de bolas y sellos en un alojamiento de hierro colado de alto grado o de acero prensado, vienen en diversas presentaciones y características.

Figura 2-12. Variedad de chumaceras



Fuente: Transmisiones industriales.com

## 2.14 Conclusiones

1.- Las principales características del tomate para su clasificación son:

Según su peso, color, forma y tamaño.

2.- En Ecuador las principales variedades que se cultivan son:

Micaela, Charleston, Pietro, Cherry, Chonto, Daniela y Sheila.

3.- No hay datos fundamentales para hacer una maquina clasificadora por tanto tenemos que determinarlo, y analizarlo si se lo hará según la forma, color, tamaño o masa del tomate.

4.- Las máquinas comerciales para clasificación tienen dos principios fundamentales de clasificación

Manual y mecanizada.

5.- Las máquinas que se encuentran en el mercado son muy caras, En Ecuador este tipo de máquinas clasificadoras de tomate no se encuentran fácilmente por el motivo que no existe una entidad nacional capaz de diseñar y construir en tal forma que presten servicios agrícolas o estén disponibles para adquirirlas en el mercado nacional.

6.- Los métodos de diseño que se van a utilizar son una aplicación de diseño concurrente

## CAPÍTULO III

### 3 ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

El estudio de alternativas nos ayuda que el diseño y las características concernientes a calidad, durabilidad y manejo de la máquina a diseñar nos ayuden a escoger el más adecuado, con el que se cumpla con las especificaciones y parámetros adecuados.

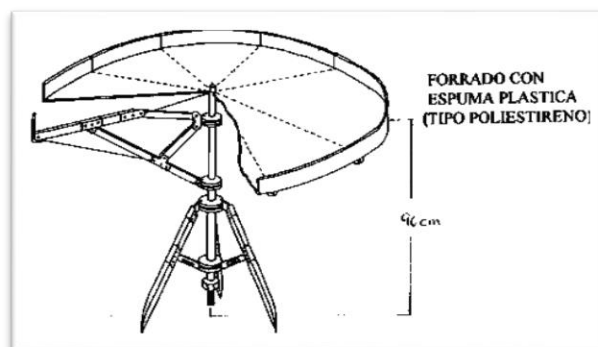
Con ayuda de artículos científicos, tesis, proyectos y libros se pudo constatar que existen 4 posibles alternativas, cada una diferente de la anterior:

#### 3.1 Primera alternativa: Clasificadora de tomate por tambor giratorio

La superficie de la mesa clasificadora es construida con una lona. Tiene una radio de aproximadamente 1 metro. Los bordes se recubren con una pequeña capa de espuma plástica para proteger al producto de golpes durante la clasificación.

Su funcionamiento inicia cuando la fruta pasa por un disco giratorio rodeado de una especie de barandilla helicoidal, cuyo paso aumenta de tamaño. Periódicamente y correspondiendo a los diámetros que establecen las clasificaciones comerciales actuales, hay unos separadores que desvían la fruta hacia unas bandejas. La fuerza centrífuga producida por el giro del disco desvía los tomates hacia los bordes, rodando por un lecho de goma lateral hasta caer por los huecos correspondientes. La inclinación de la mesa del deberá ser de unos 10 grados. (RODRIGUEZ, 1989)

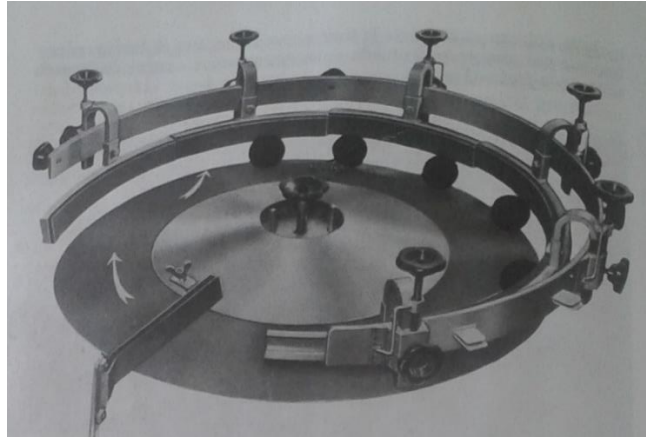
Figura 3-1. Esquema con separadores



Fuente: PHTRC. 1984. A portable sorting table Appropriate Postharvest Technology 1

En esta alternativa el sistema de alimentación se lo hace mediante una tolva donde se coloca el producto a clasificar. La materia prima cae por gravedad hacia el tambor giratorio.

Figura 3-2. Clasificadora de tambor giratorio

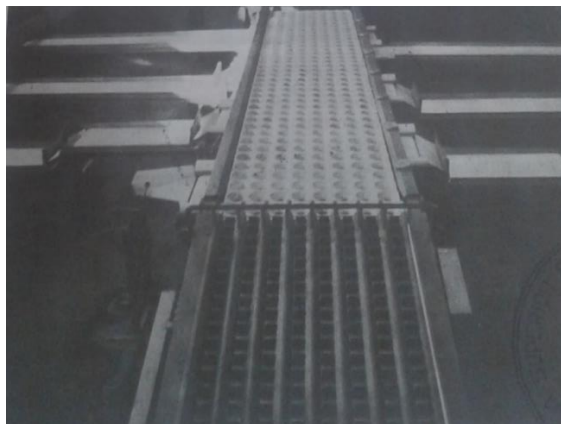


Fuente: (RODRIGUEZ, 1989 pág. 154)

### **3.2 Alternativa 2: Selección de tomates con bandas transportadoras divisoras**

Esta máquina cuenta con un sistema de alimentación manual, se ubican los tomates en una tolva, para que caigan por gravedad hacia una banda transportadora con ranuras, los diámetros de las ranuras son calibrados con los diferentes tamaños del fruto. Cada banda transportadora con su respectiva ranura forman un módulo, el mismo que pertenece a cada tamaño a clasificar, presentan un grado de inclinación mínimo para que los tomates no clasificados avancen hasta el módulo requerido. (RODRIGUEZ, 1989)

Figura 3-3. Clasificadora de tomate a nivel industrial con bandas divisoras

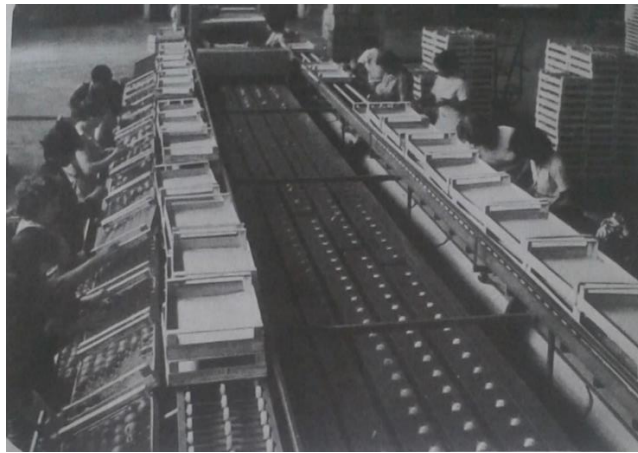


Fuente: (RODRIGUEZ, 1989 pág. 155)

### **3.3 Alternativa 3: Clasificadora de tomate de acuerdo a su masa**

Clasifica el tomate con más precisión que las calibradoras por el diámetro y además lo tratan con mayor suavidad., el fruto al entrar en la maquina pasa a una serie de contenedores alveolares que se desplazan a un sistema de pesado, cuando el peso del fruto iguala al contrapeso, lo vence y cae suavemente sobre un transportador situado debajo. Él mecanismo del calibrador se puede regular accionando un sencillo contrapeso. Finalmente los frutos pequeños son eliminados en la parte terminal de la maquina mediante un trasportador. (RODRIGUEZ, 1989)

Figura 3-4. Clasificadora de tomate de acuerdo a su masa



Fuente: (RODRIGUEZ, 1989 pág. 156)

### **3.4 Alternativa 4: Clasificadora con ayuda de rodillos**

La siguiente máquina clasificadora dispone de una banda transportadora de rodillos, los cuales al recorrer la trayectoria de la maquina se van separando de acuerdo a los diferentes tamaños de tomate, cada separación permite que caigan los tomates a otras bandas transportadoras que trasladan la materia prima clasificada, a sus respectivas gavetas. Ésta máquina tiene un sistema de ajuste de precisión para los diferentes tamaños de este fruto que pasan por ella. (RODRIGUEZ, 1989)

Figura 3-5. Clasificadora de rodillos



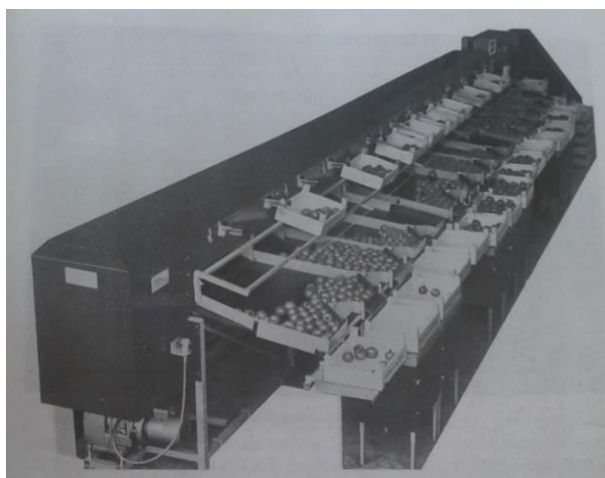
Fuente: (TECHNOLOGY)

### 3.5 Alternativa 5: Calibradora automática con célula fotoeléctrica

Una calibradora de este tipo tienen la característica principal de seleccionar por colores automáticamente mediante célula fotoeléctrica, su funcionamiento consiste en que los frutos entran en unos alveolos situados en una cadena cuyo fondo; al pasar por la célula fotoeléctrica, se abre más o menos según el calibre detectado, cayendo a unas lonas.

De esta manera se hace en un solo pase las dos operaciones de las otras máquinas, habiendo un importante ahorro de mano de obra, su desventaja es que son máquinas extremadamente caras y cuyo costo puede no compensar el ahorro de mano de obra. (RODRIGUEZ, 1989)

Figura 3-6. Calibradoras con célula fotoeléctrica



Fuente. (RODRIGUEZ, 1989 pág. 157)

### 3.6 Especificaciones de la máquina

La máquina debe constar con las especificaciones y requerimientos relevantes, con las que podamos satisfacer las necesidades de los pequeños y medianos productores de tomate riñón.

#### 3.6.1 *La matriz QFD (quality function deployment)*

Esta matriz QFD o comúnmente llamada casa de la calidad permite determinar las especificaciones técnicas de la máquina, es un método global cuyo objetivo primordial es considerar las necesidades y requerimientos del usuario, para tener una planificación de calidad durante el ciclo de vida (MACAS, 2014), y darnos cuenta si cumple con las necesidades del productor.

Un elemento importante para la elaboración de la matriz QFD es la voz del cliente, el mismo que nos permite conocer las características y requerimientos del producto, estos criterios son analizados por el ingeniero para después aplicarlos en el diseño y construcción de la máquina. (RIBA, 2012 pág. 178)

Posteriormente se evalúan los criterios técnicos para determinar aquellos que tienen mayor utilidad, eficacia, calidad, aceptación y eficiencia para su diseño.

##### 3.6.1.1 *Voz del usuario (voc)*

Según el estudio de campo y las encuestas realizadas a los productores la máquina debe tener las siguientes características: (RIBA, 2012)

- Fácil operación.
- Funcione con energía eléctrica.
- Materia prima.
- Clasificación de 4 tamaños diferentes de tomates.
- Desmontable.
- De fácil mantenimiento.
- Construida con materiales que cumpla parámetros de manipulación de alimentos (hortalizas).



- Clasifique de una manera rápida.
- Clasifique una buena cantidad de tomate, su volumen de capacidad sea considerable.
- No tenga costo elevado.

#### 3.6.1.2 *Voz del Ingeniero*

Luego de analizar los parámetros principales de las necesidades del usuario se procede a traducirlos técnicamente, teniendo como resultado las siguientes características. (RIBA, 2012)

- Ergonomía.
- Suministro de energía.
- Alimentación manual.
- Tiempo de proceso de clasificación.
- Dimensiones.
- Periodos de mantenimiento.
- Materiales
- Confiabilidad.
- Numero de cajas/ hora
- Costo.

#### 3.6.1.3 *Resultados de la matriz QFD*

La matriz QFD que se muestra en la tabla 3-1, se elaboró según el procedimiento propuesto por Carles Riba.

En la columna A se evalúa desempeño del producto que existe en el mercado, se ha calificado 1 en todos los parámetros ya que no existe una entidad nacional que produzca una maquina con las características similares a la nuestra.

En las columnas B y C se evalúan máquinas de empresas extranjeras que diseñan con parámetros parecidos a los nuestros.



- Ergonomía. Debe estar diseñada con requerimientos de seguridad para el operario y adaptación al lugar donde estará ubicada para trabajar.
- Alimentación manual. No necesita de una banda transportadora o un mecanismo automático para ubicar la materia prima en la tolva.
- Dimensiones.
- Tiempo de clasificación.

El número de cajas/ hora es el parámetro más importante en el diseño de la máquina el mismo que nos indica directamente la capacidad de la máquina.

### 3.6.2 *Especificaciones técnicas*

Por medio de la matriz QFD hemos obtenido las especificaciones técnicas de la máquina, las cuales se puede observar detalladamente en la tabla 3-2. (MACAS, 2014)

Tabla 3-2. Especificaciones técnicas de la máquina

<b>Empresa:</b> ESPOCH		<b>Producto:</b> Maquina clasificadora de tomate riñón variedad Daniela		<b>Fecha inicial:</b> 2016 – 05 - 05
<b>Diseñadores:</b> Villagrán José Tene Darwin				<b>Fecha culminación:</b> 2017 – 07 - 14
				Página 1
<b>Especificaciones técnicas</b>				
<b>Concepto</b>	<b>Fecha</b>	<b>Propone</b>	<b>R/D</b>	<b>Descripción</b>
Confiabilidad		D	R	La máquina debe tener una confiabilidad del 90 %.
Numero de cajas/ hora		D	R	80 cajas de 23 Kg/ hora.
Ergonomía		D	D	No debe ser ruidosa, debe ser segura.
Alimentación manual		C	D	No necesita alimentarse a la tolva, automáticamente.

Tabla 3-2. Continuación

Dimensiones		C	R	Altura máxima de la tolva 1m, largo de la maquina 4 m.
Tiempo de clasificación		C	D	Clasifique rápidamente los 4 tamaños
Propone: M= Márquetin, C= Cliente, D= Diseño, P= Producción, F= Fabricación. R/D: R= Requerimiento, D= Deseo, MR= Modificación de Requerimientos.				

Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: Autores

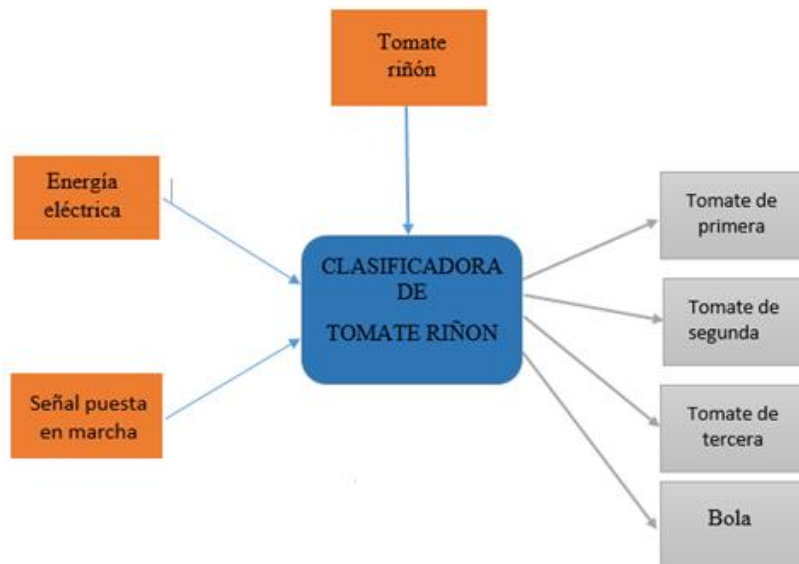
### 3.7 Análisis funcional

La función principal de la máquina es la clasificación del tomate riñón, en su respectivo tamaño primera, segunda tercera y bola.

Cabe recalcar que se ha adecuado un espacio más para la clasificación con ayuda de rodillos locos los mismos que tendrán su movimiento en su propio eje y permitirán clasificar los tomates menores a 4 cm de diámetro.

El diagrama funcional de la máquina clasificadora de tomate se muestra en la figura 3-7.

Figura 3-7. Diagrama funcional de la máquina



Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: Autores

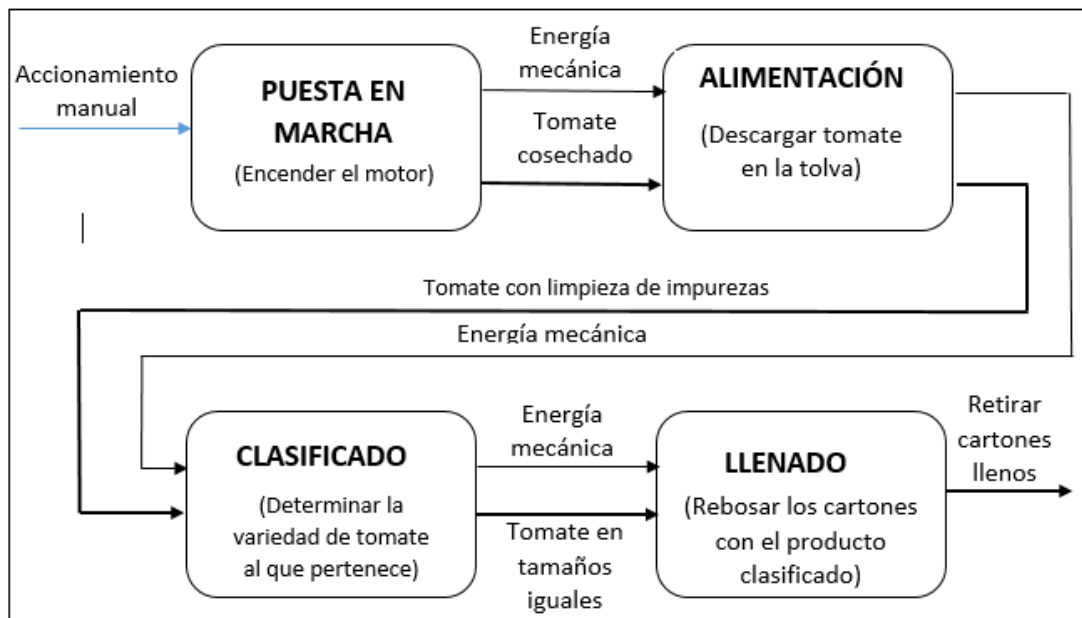
Para un primer parámetro del análisis funcional las señales que ingresan son: tomate riñón que corresponde a material, la señal de energía que es la eléctrica y la señal de control que es la puesta en marcha.

Señales que salen del sistema son:

Tomates clasificados según tamaños de primera, segunda, tercera, bola.

Las competencias que resumen el funcionamiento principal de la máquina el de clasificar los tomates según los requerimientos especificados anteriormente se observan en la figura 3-8.

Figura 3-8. Modelo funcional



Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: Autores

Para el diseño de la máquina clasificadora de tomate riñón se resume en un módulo cada una de las funciones que cumple la máquina para cumplir su objetivo.

### 3.7.1 *Definición de módulos*



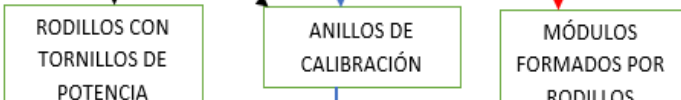


Un módulo nos ayuda a identificar el funcionamiento del producto, a la reducción de costos y fácil mantenimiento.

### 3.7.2 Alternativas de solución para el módulo

- Puesta en marcha.
- Alimentación.
- Clasificado.
- Transporte del producto clasificado.
- Recolección producto clasificado.

Basándonos en las encuestas realizadas a varios productores de tomate con el fin de obtener información necesaria para conocer las cualidades técnicas de la máquina a diseñar, se encontró las siguientes soluciones a los requerimientos con mayor incidencia.

Tabla 3-3. Alternativas de solución

FUNCIÓN	COMPONENTE		
Puesta en marcha			
Alimentación			
Clasificación			
Caída producto clasificado			
Recolección tomate clasificada			
SOLUCIONES	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3

Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: Autores

La alternativa seleccionada es la número 3 la cual consiste en puesta en marcha de forma manual, la alimentación de los tomates será a la tolva, el método de clasificación será por módulos formados por rodillos, los tomates caerán por gravedad a los cartones de clasificación.

### 3.7.2.1 *Puesta en marcha*

En nuestro país la mayoría de agricultores en sus hogares cuentan con energía eléctrica de 220 voltios como fuente de energía.

### 3.7.2.2 *Energía eléctrica*

Se denomina energía eléctrica a la forma de energía que resulta de la existencia de una diferencia de potencial entre dos puntos, lo que permite establecer una corriente eléctrica entre ambos cuando se los pone en contacto por medio de un conductor eléctrico.

Ventajas:

- La energía eléctrica es muy fácil de transportar y de distribuir.
- Satisface necesidades en el hogar y la oficina.
- Permite su accesibilidad a los lugares más alejados.

Desventajas:

- Por obtener la energía eléctrica destruimos muchos hábitats naturales.
- Las personas que utilizan la electricidad de forma exagerada como fuente de energía no ayudan al medio ambiente.
- La energía eléctrica es tan fundamental hoy en día que si desapareciera sería un caos.

### 3.7.2.3 *Alimentación. Colocar el producto en la tolva*

La alimentación puede ser manual o automática.

Según las exigencias del patrocinador se utiliza alimentación manual.

### 3.7.3 *Principios de funcionamiento de la máquina clasificadora de tomate*

Se acciona el motor de la máquina clasificadora mediante el interruptor incorporado en el motor, colocamos las gavetas de cartón en los lugares correspondientes para recoger los tomates clasificados.

Cargamos la tolva de alimentación de una forma manual, excluyendo el producto dañado o defectuoso, su volumen de capacidad es de  $0.0576m^3$  de tomate previamente no clasificado que corresponde a 1 gavetas de 23 [kg] de capacidad de fruto; para cumplir con la capacidad establecida de los objetivos la carga de la materia prima se lo realiza en periodos de 30 segundos aproximadamente o cuando ya no haya materia prima en la tolva de distribución.

La máquina clasifica automáticamente en cada uno de los módulos, cayendo los tomates clasificados por gravedad a sus respectivas gavetas.

Luego de haberse llenado cada una de las gavetas de cartón de (23[kg]) se retira y posteriormente se coloca otra gaveta vacía para que la máquina siga clasificando automáticamente.

### 3.7.4 *Memoria de cálculo*

El camino a seguir se ve reflejado en la tabla 3-4 la misma que nos indica los diferentes elementos que forman la máquina y familiarizarnos la secuencia de cálculos a realizar.



Tabla 3-4. Procedimiento de cálculo

Especificaciones técnicas	Materia prima	Tolva de alimentación	Dimensiones
			Geometría
			Materiales
	Clasificación de la materia prima	Rodillos	Dimensiones
			Materiales
		Eslabones	Dimensiones
			Materiales
		Cadena de transmisión	Dimensiones
			Tipo de transmisión
		Rodamientos	Dimensiones
			Tipo
		Anillos de seguridad	Dimensiones
			Material
		Motor	Potencia de diseño
	Despacho de la materia prima	Bandejas de despacho	Dimensiones
			Geometría
			Materiales
	Estructura	Geometría	
		Dimensiones	
		Materiales	

Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: Autores

### 3.7.5 *Alternativas de solución*

Para determinar la mejor solución luego de un análisis de las diferentes alternativas combinamos cada alternativa con cada proceso de la máquina clasificadora de tomate riñón.

### 3.8 Evaluación de soluciones

En el proceso de diseño es conveniente hacer una evaluación de las alternativas que sirva para la toma de decisiones, que sean más convenientes en el diseño. Las alternativas no deben concentrarse en evaluar un aspecto sino de todo lo relacionado al diseño. (MACAS, 2014)

Para tomar la mejor decisión debe ponderar ante todo estos dos elementos importantes:

- Alternativas. Estas nos permiten diferenciar las características primordiales de cada una (lo más adecuado es entre 3 y 6) cuyas características deben ser diferentes.
- Criterios. Hay que establecer los criterios basándonos en las alternativas a evaluar.

#### 3.8.1 *Método ordinal corregido de criterios ponderados*

La forma para predecir una solución entre diversas basta conocer el orden de preferencias de evaluación global.

Por esta razón se recomienda el método ordinal corregido, donde sin la necesidad de evaluar los parámetros de cada propiedad y sin tener que estimar numéricamente el peso de cada criterio, permite obtener resultados globales suficientemente significativos.

Este método se basa en unas tablas donde cada criterio se confronta con los restantes criterios y se evalúa de la siguiente forma:

- Asignamos 1, si el criterio (o solución) de las filas es superior (o mejor,  $>$ ) que el de las columnas.
- Se asigna 0.5; si el criterio (o solución) de las filas es equivalente ( $=$ ) al de las columnas.
- Se asigna 0, si el criterio (o solución) de las filas es inferior (o peor,  $<$ ) que el de las columnas. (RIBA, 2012 págs. 59 - 60).

#### 3.8.2 *Criterios de valoración de las alternativas*

Los criterios de valoración más determinantes se enlistan a continuación:

- **Confiabilidad.** Es importante porque garantiza la vida útil de los elementos y la seguridad del equipo.
- **Numero de cajas/ hora.** Se considera este criterio para medir la eficiencia de la máquina, y constatar si se cumple con los objetivos.
- **Alimentación manual.** La materia prima que se ubica en la tolva no necesita que se la alimente automáticamente, suficiente con ayuda de un operario.
- **Ergonomía.** Se enfoca en la relación entre el hombre y la máquina, tomando en cuenta las incidencias más importantes en el diseño.
- **Tiempo de clasificación.** El tiempo que se demora la clasificación a partir que se realiza la alimentación en la tolva, la rapidez que se ha realizado garantiza un incremento de la clasificación.
- **Dimensiones.** La máquina no debe ser demasiado grande, ni muy alta ya que no se va a ubicar en un solo lugar y se presente la necesidad de transportarla de un lugar a otro.

Tabla 3-5. Evaluación del peso específico de cada criterio

Dimensiones > Numero de cajas/ hora > Confiabilidad > Ergonomía > Alimentación manual

<b>Criterio</b>	<b>confiabilidad</b>	<b>Numero de cajas/hora</b>	<b>Ergonomía</b>	<b>Alimentación manual</b>	<b>Dimensiones</b>	<b><math>\sum +1</math></b>	<b>Ponderación</b>
<b>Confiabilidad</b>		0.5	0.5	0.5	1	3.5	0.205
<b>Numero de cajas/hora</b>	1		1	0.5	0.5	4	0.235
<b>Ergonomía</b>	0.5	0.5		0.5	0.5	3	0.176

Tabla 3-5. Continuación

<b>Alimentación manual</b>	0.5	0.5	0		0	2	0.117
<b>Dimensiones</b>	0.5	1	1	1		4.5	0.264
					<b>Suma</b>	17	1

Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: Autores

### 3.8.2.1 Evaluación de los pesos específicos de las diferentes soluciones para cada criterio

Procedemos a evaluar cada una de las alternativas de máquinas clasificadoras de tomate que fueron expuestas en el capítulo anterior respecto a cada uno de los criterios de valoración, los resultados se los apreciarán en las tablas siguientes:

Tabla 3-6. Evaluación del peso específico del criterio "Confiabilidad"

Alternativa 3 = Alternativa 4 = Alternativa 5 > Alternativa 1 > Alternativa 2

<b>Confiabilidad</b>	<b>Alternativa 1</b>	<b>Alternativa 2</b>	<b>Alternativa 3</b>	<b>Alternativa 4</b>	<b>Alternativa 5</b>	$\Sigma +1$	<b>Ponderación</b>
<b>Alternativa 1</b>		0.5	0	0.5	1	3	0.153
<b>Alternativa 2</b>	1		0.5	0.5	0	3	0.153
<b>Alternativa 3</b>	1	1		0.5	1	4.5	0.230
<b>Alternativa 4</b>	1	0.5	1		1	4.5	0.230
<b>Alternativa 5</b>	1	1	0.5	1		4.5	0.230
					<b>Suma</b>	19.5	1

Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: Autores

Tabla 3-7. Evaluación del peso específico del criterio "Número de cajas/ hora"

Alternativa 4 > Alternativa 2 > Alternativa 1 > Alternativa 3 > Alternativa 5

Numero de cajas/hora	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	Alternativa 5	$\Sigma +1$	Ponderación
Alternativa 1		0.5	0	0.5	1	3	0.193
Alternativa 2	0.5		1	0.5	1	4	0.258
Alternativa 3	0	0.5		0	0.5	2	0.129
Alternativa 4	1	1	1		1	5	0.322
Alternativa 5	0	0	0.5	0		1.5	0.096
Suma						15.5	1

Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: Autores

Tabla 3-8. Evaluación del peso específico del criterio “Ergonomía”

Alternativa 5 > Alternativa 3 = Alternativa 4 > Alternativa 1 = Alternativa 2

Ergonomía	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	Alternativa 5	$\Sigma +1$	Ponderación
Alternativa 1		0.5	0.5	0.5	0.5	3	0.162
Alternativa 2	0.5		0.5	0.5	0.5	3	0.162
Alternativa 3	0.5	0.5		1	1	4	0.216
Alternativa 4	1	1	0.5		0.5	4	0.216
Alternativa 5	1	1	0.5	1		4.5	0.243
Suma						18.5	1

Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: Autores

Tabla 3-9. Evaluación del peso específico del criterio “Alimentación manual”

Alternativa 4 > Alternativa 1 = Alternativa 2 > Alternativa 3 > Alternativa 5

Alimentación manual	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	Alternativa 5	$\sum +1$	Ponderación
Alternativa 1		0.5	1	0.5	1	4	0.275
Alternativa 2	0.5		1	0.5	1	4	0.275
Alternativa 3	0	0		0	0	1	0.068
Alternativa 4	1	0.5	1		1	4.5	0.310
Alternativa 5	0	0	0	0		1	0.068
Suma						14.5	1

Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: Autores

Tabla 3-10. Evaluación del peso específico del criterio “Dimensiones”

Alternativa 4 > Alternativa 1 > Alternativa 2 > Alternativa 3 > Alternativa 5

Dimensiones	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	Alternativa 5	$\sum +1$	Ponderación
Alternativa 1		1	1	0.5	1	4.5	0.272
Alternativa 2	0.5		1	0	1	3.5	0.212
Alternativa 3	0	0.5		0	0.5	2	0.121
Alternativa 4	1	1	1		1	5	0.303
Alternativa 5	0	0	0.5	0		1.5	0.090
Suma						16.5	1

Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: Autores

Tabla 3-11. Conclusiones

Conclusión	Confiabilidad	Numero de cajas/hora	Ergonomía	Alimentación Manual	Dimensiones	$\Sigma$	Prioridad
<b>Solución 1</b>	0.153*0.205	0.193*0.235	0.162*0.176	0.275*0.117	0.272*0.264	0.219875	3
<b>Solución 2</b>	0.153*0.205	0.258*0.235	0.162*0.176	0.275*0.117	0.212*0.264	0.22546	2
<b>Solución 3</b>	0.230*0.205	0.129*0.235	0.216*0.176	0.068*0.117	0.121*0.264	0.144311	5
<b>Solución 4</b>	0.230*0.205	0.322*0.235	0.216*0.176	0.310*0.117	0.303*0.264	0.253933	1
<b>Solución 5</b>	0.230*0.205	0.096*0.235	0.243*0.176	0.068*0.117	0.090*0.264	0.151164	4

Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: (NUEZ, 1999)

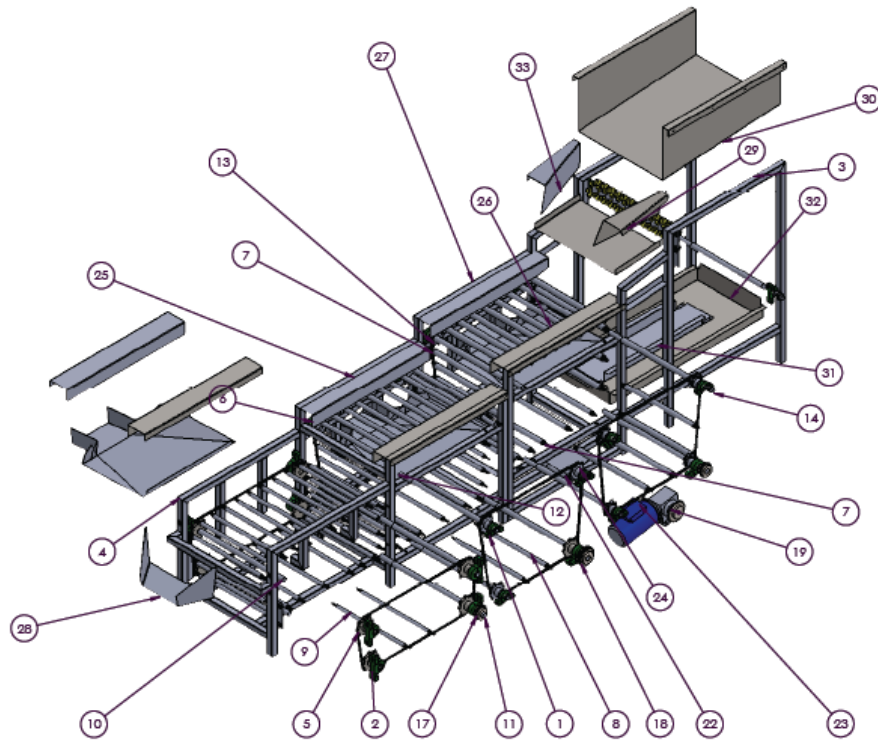
De acuerdo a este método la solución adecuada según los criterios estudiados anteriormente es la solución 4 que es la maquina clasificadora de tomates con ayuda de rodillos.

### 3.9 Características de la máquina clasificadora de tomate riñón con ayuda de rodillos

Luego de haber analizado las diferentes alternativas, junto con los criterios que han sido relevantes hemos llegado a la selección de la mejor opción.

La máquina que se ha seleccionado es una clasificadora por medio de rodillos, cumpliendo con los requerimientos de la voz del usuario. Los mismos que han sido traducidos a criterios técnicos por parte del ingeniero, y se obtuvo un pre diseño el cual se observa en la figura, en la que se podrán observar los elementos que constituyen la máquina.

Figura 3-9. Prototipo de la máquina clasificadora de rodillos



Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: Autores

Tabla 3-12. Elementos de la máquina

N° de elemento	Denominación	N° norma de dibujo	Material
49	Arandela plana		
1	Limpiador		
1	Cadena 1		Según diseño
1	Resvaladera 2	INEN 03	AISI 3
3	Tolva 1	INEN 03	AISI 304
1	Covertor 7	INEN 03	AISI 304
1	Covertor 6	INEN 03	AISI 304
1	Covertor 5	INEN 03	AISI 304
1	Resvaladera	INEN 03	AISI 304
1	Covertor 4	INEN 03	AISI 304
1	Tolva	INEN 03	AISI 304
1	Covertor 3	INEN 03	AISI 304
3	Covertor 2	INEN 03	AISI 304
2	Covertor 1	INEN 03	AISI 304
1	Base 1		ASTM A36
1	Motoreductor		Según diseño
4	Bocín		ASTM A 36
2	Cadena		Según diseño



Tabla 3-12. Continuación

2	Piñón 3	N 40	
1	Catalina	N40	
1	Piñón 2	2 N 40	
2	Piñón 1	N40	
2	Cadena intermedia		Según diseño
2	Cadena final		Según diseño
2	Eje 4	INEN 03	AISI 304
8	Piñón – módulo 1	INEN 03	ASTM A 36
5	Eje 3	INEN 03	AISI 304
3	Eje 2	INEN 03	AISI 304
3	Eje 1	INEN 03	AISI 304
27	Rodillo 3	INEN 03	Varios
29	Rodillo 2	INEN 03	Varios
28	Rodillo 1	INEN 03	Varios
6	Piñón - intermedio	INEN 03	ASTM A 36
10	Piñón - final	INEN 03	ASTM A 36
1	Estructura 2	INEN 03	AISI 304
1	Estructura 1	INEN 03	AISI 304
12	Chumacera de piso	P 206	Según diseño
14	Chamacera de piso	P 204	Según diseño

Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: Autores

### 3.9.1 *Elementos de la máquina clasificadora de tomate riñón*

Cumplen las siguientes funciones:

- **Tolva de alimentación.** La tolva es diseñada según la capacidad de producción y será donde se ubicara la materia prima para su posterior clasificación.
- **Estructura.** Su diseño en si debe estar acorde a que soporte el peso de todos los elementos que constituyen la máquina, siempre y cuando cumpla con los requerimientos del usuario.
- **Bandejas de despacho.** Sirven para recibir la materia prima clasificada en los diferentes modulares.
- **Motor.** Es el encargado de transformar la energía eléctrica en energía mecánica, se requiere de un motor trifásico para una fuente de 220 Voltios, el mismo que

permitirá el funcionamiento de la máquina.

- **Eslabones.** Es el elemento que sirve como enlace para mantener la distancia necesaria entre rodillos. Para cada modular son diferentes tipos de eslabones.
- **Eje.** Es el elemento que forma la mayor parte motriz de la maquina en el cual se encuentran los elementos de transmisión de movimiento.
- **Piñón.** Nos permite la transmisión de velocidad
- **Sistema de transmisión.**

Es el encargado de transmitir la potencia desde el motor a cada uno de los ejes de los módulos, que movilizan los rodillos para la clasificación.

- **Rodillos**

Son los encargados de transportar los tomates para su clasificación.

- **Rodamientos**

Es el cojinete que minimiza la fricción que se produce entre el eje y las piezas que van estar conectadas a él, la misma que sirve de apoyo y facilita su desplazamiento.

- **Anillos de retención**

Son componentes de ingeniería de precisión que se diseñan para ser aplicados en los ejes o en ranuras y proporcionan un soporte que ajusta las posiciones de las piezas

- **Chumaceras**

Ayudaran a sostener los rodamientos.

- **Carcasa de la estructura de la máquina**

Se utiliza como resguardo ya que se considera como la primera medida de protección a tomar para el control de los peligros mecánicos en máquinas, entendiendo como resguardo: "un medio de protección que impide o dificulta el acceso de las personas o de sus miembros al punto o zona de peligro de una máquina".

- **Protector de cadena**

Se utilizará una barrera de protección debido a que las cadenas de transmisión van a estar en constante movimiento y al estar a la intemperie exista el riesgo de atrapamiento o arrastres al operador.

### 3.9.2 *Capacidad de la máquina clasificadora de tomate riñón*

El criterio fundamental que necesitamos para enfocarnos en el diseño de la máquina es la capacidad de la misma, como se planteó en los objetivos nuestra capacidad requerida es de:

$$\text{Capacidad} = 80 \text{ cartones de } 23 \frac{\text{kg}}{\text{h}} = 1840 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

Dicha capacidad requerida es debido a los requerimientos del patrocinador y producción de cosecha del tomate.

## CAPÍTULO IV

### 4 DISEÑO DE LA MÁQUINA CLASIFICADORA DE TOMATE RIÑÓN

Luego de haber definido completamente el diseño de la máquina clasificadora de tomate riñón variedad Daniela procedemos a realizar el dimensionamiento de cada uno de los elementos que constituyen la máquina.

#### 4.1 Dimensionamiento y cálculo de la tolva de alimentación

Luego de haber realizado el estudio de campo y basándonos en la capacidad requerida: se debe cargar la tolva en un intervalo de tiempo de cada 37 segundos o cuando se quede sin materia prima para clasificar.

$$V_{tolva} = (0.1 * 0.64 * 0.9)m^3$$

$$V_{tolva} = 0.0576 m^3$$

#### 4.2 Procedimiento para clasificar la materia prima en cada módulo

El procedimiento de clasificación de cada módulo depende de los siguientes elementos: sistema de transmisión por cadenas de carga escogidas según los pasos requeridos que compensen el espacio que debe existir entre rodillos.

#### 4.3 Dimensionamiento y diseño de los rodillos

##### 4.3.1 *Módulo 1*

El rodillo está compuesto por tres elementos: un tubo de PVC de diámetro mayor  $D = 28.60$  mm y longitud de 520 mm, una varilla circular de acero de transmisión 1018 de diámetro exterior de 12 [mm] y longitud de 580 [mm] que incluyen los espacios de 30 [mm] a cada lado para las arandelas, tuerca y contratuerca para su ajuste, y como tercer elemento un rodamiento de diámetro exterior = 26 mm que se lo detalla en el Anexo A1

Para la clasificación, cada dos rodillos transportan 7 tomates de primera. Para el dimensionamiento del diámetro del eje del rodillo, se va a suponer un caso extremo, en donde cada rodillo va a soportar la carga de 30 tomates de una masa promedio de

0.178 [Kg], que corresponde a un peso promedio de 1.74 [N] cada tomate. Para lo cual se calcula el peso de los tomates en el espacio dispuesto para la clasificación en cada rodillo.

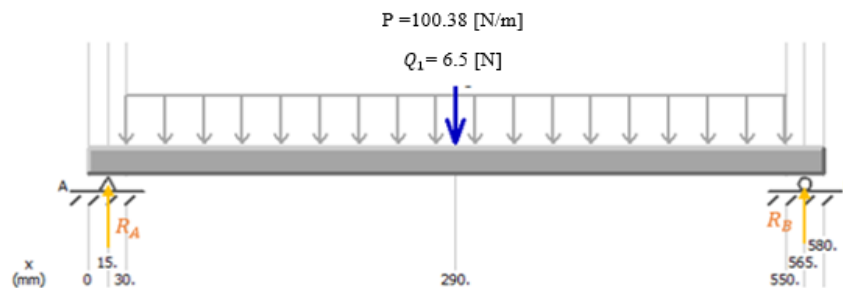
$$P = \text{Peso de los 30 tomates} = \frac{\text{Numero de tomates} * \text{Peso}}{\text{Longitud rodillo}} \quad (1)$$

Reemplazando en ecuación (1) tenemos:

$$P = \frac{30 * 1.74 [N]}{0.520 [m]} = 100.38 [N/m]$$

Utilizando el software MDSolid ingresamos las diferentes cargas a las que estará sometido el rodillo, para obtener los diagramas de cortante y momento.

Figura 4-1. Diagrama de cuerpo libre del rodillo



Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

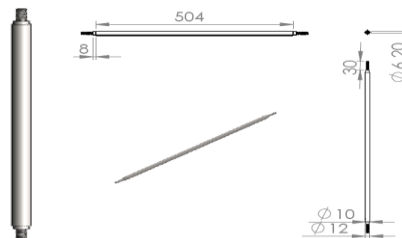
Fuente: Autores

#### 4.3.1.1 *Peso del rodillo ( $Q_1$ )*

Para calcular el volumen del rodillo lo hacemos por partes:

Volumen de la varilla:

Figura 4-2. Dimensiones de la varilla

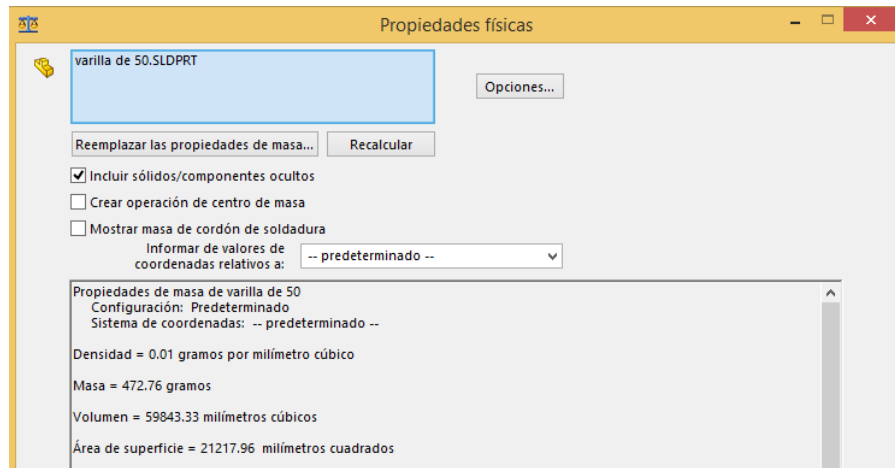


Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: Autores

Para el cálculo del volumen de la varilla se lo realiza con ayuda del software solidworks 2016, mediante la herramienta calcular propiedades físicas.

Figura 4-3. Volumen de la varilla



Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: Autores

$$V = \pi r^2 h \quad (2)$$

Reemplazando en ecuación (2):

$$V_{v1} = \pi * 0.006^2 * 0.580 = 6.55 \times 10^{-5} [m^3]$$

La densidad del acero AISI 1018 =  $7870 \frac{Kg}{m^3}$  (ver Anexo A3)

Calculamos la masa de la varilla con la ecuación:

$$m_{v1} = \rho V_{v1} \quad (3)$$

Reemplazando en ecuación (3) tenemos:

$$m_{v1} = 7870 * 6.55 \times 10^{-5} = 0.51 [kg]$$

Volumen del tubo:

$$V_{t1} = (\pi r_2^2 - \pi r_1^2) h \quad (4)$$

Reemplazando datos en ecuación (4):

$$V_{t1} = (\pi * 14.3^2 - \pi * 11.71^2) 520$$

$$V_{t1} = 110050.83 [mm^3] = 1.1 \times 10^{-4} [m^3]$$

La densidad del PVC =  $1400 \frac{Kg}{m^3}$  (ver Anexo D)

Calculamos la masa del tubo con la ecuación (3):

$$m_{t1} = \rho V_{t1} = 1400 * 1.1 * 10^{-4} = 0.154 [kg]$$

El peso del rodillo es:

$$Q_1 = (m_{v1} + m_{t1}) g \quad (5)$$

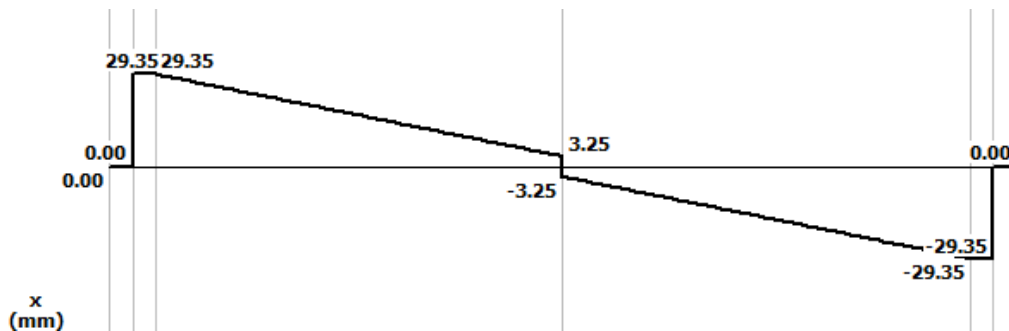
Reemplazando en ecuación (5):

$$Q_1 = (0.51 + 0.154) * 9.8 = 6.5 [N]$$

#### 4.3.1.2 *Calculo de las reacciones*

En la figura 4-4 se muestra el diagrama de esfuerzo cortante que se obtiene del rodillo en caso extremo.

Figura 4-4. Diagrama de cortantes



Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

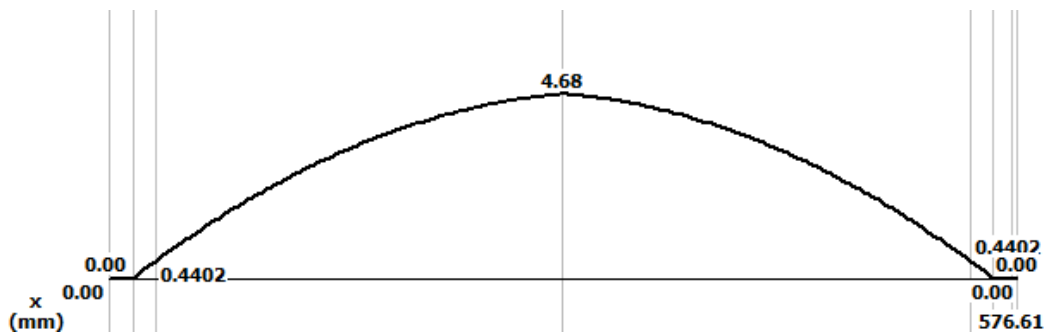
Fuente: Autores

$$R_A = 29.35 [N]$$

$$R_B = 29.35 [N]$$

En la figura 4-5 se presenta el diagrama de momento flector que se obtiene del rodillo. El momento máximo es de 4.68 [Nm], con el cual la sección y punto crítico se encuentra en el centro del rodillo por momentos de flexión máximo.

Figura 4-5. Diagrama momento flector



Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: Autores

Determinamos los esfuerzos en el punto crítico los mismos que frecuentemente se hallan en la superficie exterior, en ubicaciones axiales donde el momento flexionante es alto, el par de torsión está presente y donde existen concentraciones de esfuerzos.

$$\sigma_x = \frac{32 M}{\pi d^3} \quad (6)$$

$$\sigma_x = \frac{32 * 4.68}{\pi * 0.012^3} = 27.58 [Mpa]$$

La resistencia a la tracción máxima  $S_{ut}$  del acero SAE 1018 es:

$$S_{ut} = 341 [Mpa] \text{ o } ([49.5 \text{ kpsi}]) \text{ (ver Anexo C)}$$

#### 4.3.1.3 Diseño por resistencia a fatiga

Se determina la resistencia a la fatiga  $S_e'$  con ayuda de los siguientes parámetros (ver Anexo H)

$$S_e' = 0.5 S_{ut} \quad (7)$$

$$S_e' = 0.5 * 341 = 170.5 [Mpa]$$

Factor de superficie  $k_a$

El factor de superficie depende de la calidad del acabado de la superficie y de la resistencia a la tracción.



Los valores de  $a = 4.51$  y  $b = -0.265$  (ver Anexo I)

$$k_a = a S_{ut}^b \quad (8)$$

$$k_a = 4.51 * 341^{-0.265} = 0.96$$

Factor de tamaño  $k_b$

Este factor está relacionado al diámetro de la probeta estándar; para el cálculo se necesita un valor de diámetro del eje, se parte de un valor supuesto que posteriormente será corregido (ver Anexo J)

Suponemos un diámetro de 12 [mm]

$$k_b = 1.24 d^{-0.107} \quad (9)$$

$$k_b = 1.24 (12)^{-0.107} = 0.95$$

Factor de carga  $k_c$

Este factor depende del tipo de carga que actúa sobre el elemento (ver Anexo K)

Entonces tenemos por flexión  $k_c = 1$

Factor de temperatura  $k_d$

Este coeficiente depende de la temperatura a la cual va a trabajar la máquina (ver Anexo L)

Entonces tenemos:

$$k_d = 1$$

Factor de confiabilidad  $k_e$

Suponemos confiabilidad del 50% (ver Anexo M)

$$k_e = 1$$

Factor de efectos varios  $k_f$

Este factor su principal función es la reducción del límite de resistencia a la fatiga con respecto a los otros efectos.

No hay concentrador de tensiones

$$k_f = 1$$

Factores que modifican el límite de resistencia a la fatiga.

Con ayuda de la ecuación de Marin se pueden cuantificar los efectos de la condición superficial, el tamaño, la carga, la temperatura, etc.

$$S_e = S_e' k_a k_b k_c k_d k_e k_f \quad (10)$$

$$S_e = 170.5 (0.96 * 0.95 * 1 * 1 * 1 * 1)$$

$$S_e = 155.49 [MPa]$$

Cálculo del factor de seguridad. El factor de seguridad calculamos con la ecuación:

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

$$n = \frac{155.49 MPa}{27.58 MPa}$$

$$n = 5.63$$

#### 4.3.1.4 Deflexión del rodillo

El módulo de elasticidad del acero 1018 es de  $E = 205 [GPa]$  ó  $29700 [ksi]$ . (ver Anexo C)

Calculamos la inercia para el rodillo con ayuda de la siguiente formula:

$$I = \frac{1}{4} \pi r^4 \quad (11)$$

$$I = \frac{1}{4} \pi (0.006)^4 = 1.01 * 10^{-9} [m^4]$$

Para calcular la deflexión:

$$y_{max} = -\frac{5wl^4}{384EI} \quad (12)$$

$$y_{max} = \frac{5(100.38)(0.580)^4}{384 (205 * 10^9)(1.01 * 10^{-9})} = -7.14 * 10^{-4} [m]$$

Deflexión permisible calculamos con ayuda de la ecuación:

$$\frac{L}{360} \quad (13)$$

$$\frac{L}{360} = \frac{0.58}{360} = 1.61 * 10^{-3} [m]$$

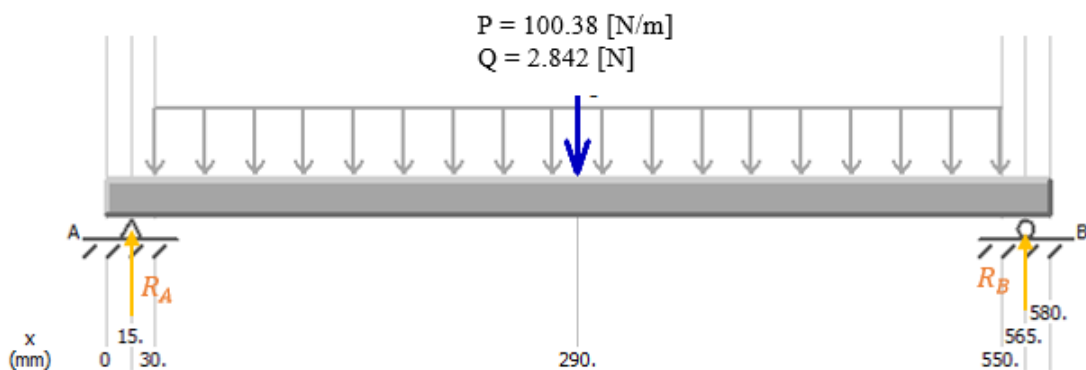
La deflexión del rodillo es menor a lo permisible por lo cual el rodillo no fallará por deflexión.

#### 4.3.1.5 Módulo 2 y módulo 3

En estos módulos se utilizan las mismas varillas y tubos con los respectivos rodamientos que se indican a continuación:

El rodillo está compuesto por tres elementos: un tubo de pvc de diámetro mayor  $D = 22.23 \text{ mm}$  y longitud de  $520 \text{ mm}$ , una varilla circular de acero de transmisión 1018 de diámetro exterior de  $8 \text{ [mm]}$  y longitud de  $580 \text{ [mm]}$  que incluyen los asentamientos de  $30 \text{ [mm]}$  a cada lado, y como tercer elemento un rodamiento de diámetro exterior =  $19 \text{ mm}$ .

Figura 4-6. Diagrama de cuerpo libre del rodillo



Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: Autores

#### 4.3.1.6 Peso del rodillo ( $Q_2$ )

Para calcular el volumen del rodillo lo hacemos por partes:

Volumen de la varilla:

$$V = \pi r^2 h$$

$$V_{v2} = \pi r^2 h = \pi * 0.004^2 * 0.52 = 2.6138 \times 10^{-5} [m^3]$$

Calculamos la masa de la varilla con la ecuación:

$$m_{v2} = \rho V_{v2} = 7870 * 2.6138 \times 10^{-5} = 0.20 [kg]$$

Volumen del tubo:

$$V_{t2} = (\pi r_2^2 - \pi r_1^2) h$$

$$V_{t2} = (\pi * 11.11^2 - \pi * 9.085^2) 520$$

$$V_{t2} = 66807.02 [mm^3] = 6.68 \times 10^{-5} [m^3]$$

La densidad del PVC =  $1400 \frac{Kg}{m^3}$

Calculamos la masa del tubo con la ecuación:

$$m_t = \rho V_{t2} = 1400 * 6.68 \times 10^{-5} = 0.09 [kg]$$

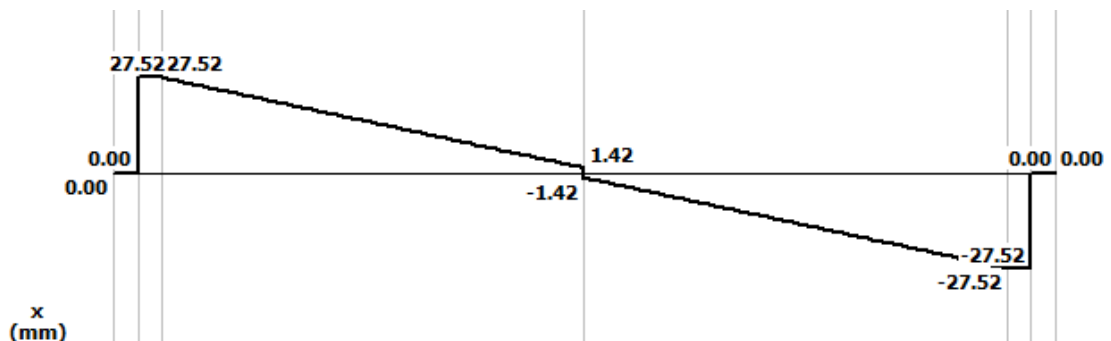
El peso del rodillo es:

$$Q_2 = mg = (0.20 + 0.09) * 9.8 = 2.842 [N]$$

#### 4.3.1.7 Cálculo de las reacciones

En la figura 4-7 se muestra el diagrama de esfuerzo cortante que se obtiene del rodillo en caso extremo.

Figura 4-7. Diagrama de cortantes



Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

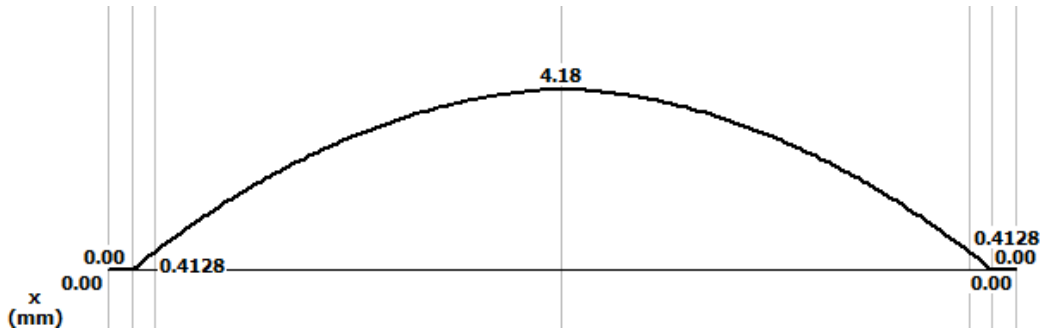
Fuente: Autores

$$R_A = 27.52 [N]$$

$$R_B = 27.52 [N]$$

En la figura 4-8 se presenta el diagrama de momento flector que se obtiene del rodillo. El momento máximo es de 4.18 [Nm], con el cual la sección y punto crítico se encuentra en el centro del rodillo por momentos de flexión máximo.

Figura 4-8. Diagrama momento flector



Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: Autores

Determinamos los esfuerzos en el punto crítico los mismos que frecuentemente se hallan en la superficie exterior, en ubicaciones axiales donde el momento flexionante es alto, el par de torsión está presente y donde existen concentraciones de esfuerzos.

$$\sigma_x = \frac{32 M}{\pi d^3} = \frac{32 * 4.18}{\pi * 0.008^3} = 83.15 [Mpa]$$

La resistencia a la tracción máxima  $S_{ut}$  del acero 1018 es:

$$S_{ut} = 341 [Mpa] \text{ o } ([49.5 \text{ kpsi}])$$

$$S_e' = 0.5 S_{ut} = 0.5 * 341 = 170.5 [Mpa]$$

Factor de superficie  $k_a$

Los valores de  $a = 4.51$  y  $b = -0.265$

$$k_a = a S_{ut}^b = 4.51 * 341^{-0.265} = 0.96$$

Factor de tamaño  $k_b$

Suponemos un diámetro de 8 [mm]

$$k_b = 1.24 d^{-0.107} = 1.24 (8)^{-0.107} = 0.99$$

Factor de carga  $k_c$

Entonces tenemos por flexión  $k_c = 1$

Factor de temperatura  $k_d$

$$k_d = 1$$

Factor de confiabilidad  $k_e$

$$k_e = 1$$

Factor de efectos varios  $k_f$

No hay concentrador de tensiones

$$k_f = 1$$

Factores que modifican el límite de resistencia a la fatiga.

$$S_e = S_e' k_a k_b k_c k_d k_e k_f = 170.5 (0.96 * 0.99 * 1 * 1 * 1 * 1) = 162.04 [MPa]$$

Calculo del factor de seguridad.

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

$$n = \frac{162.04 \text{ MPa}}{83.15 \text{ MPa}}$$

$$n = 1.94$$

Concluimos que los rodillos con los diámetros seleccionados no fallaran.

#### 4.3.1.8 Deflexión del rodillo

Calculamos la inercia para el rodillo con ayuda de la siguiente formula:

$$I = \frac{1}{4} \pi r^4 = \frac{1}{4} \pi (0.004)^4 = 2.01 * 10^{-10} [m^4]$$

Para calcular la deflexión:

$$y_{max} = -\frac{5wl^4}{384EI} = \frac{5(100.38)(0.580)^4}{384 (205 * 10^9)(2.01 * 10^{-10})} = -3.58 * 10^{-3} [m]$$

$$\frac{L}{360} = \frac{0.58}{360} = 1.61 * 10^{-3} [m]$$

La deflexión del rodillo es menor a lo permisible por lo cual el rodillo no fallará por deflexión.

#### 4.3.1.9 Rodadura del rodillo

La resistencia a la rodadura se analiza cuando un cuerpo rueda sobre una superficie, deformándose uno de ellos o ambos de manera inelástica. Esta resistencia está ausente cuando se trata de un sólido rígido ideal (indeformable) que rueda sobre una superficie rígida también ideal (indeformable). (FONTE, 2013)

La magnitud adimensional

$$C_r = \frac{u_r}{r} \quad (14)$$

$C_r$  es el llamado coeficiente de rodadura.

En la tabla 4-1 se encuentran los valores de la resistencia a la rodadura de diferentes materiales más utilizados.

Tabla 4-1. Coeficientes resistencia a la rodadura

$C_r$	$u_r$	Descripción
0.0002 a 0.0010	0.5	Ruedas de ferrocarril sobre riles de acero
	0.1	Rodamiento 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 solares
0.006 a 0.01		Neumáticos de automóviles de baja resistencia y neumáticos de camión sobre carretera lisa
0.01 a 0.015		Neumáticos de automóviles sobre hormigón
0.02		Neumáticos ordinarios de automóvil sobre hormigón
0.03 a 0.035		Neumáticos de automóviles sobre asfalto
0.055 a 0.065		Neumáticos ordinarios de automóvil sobre hierba, barro y arena

Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: (Shirkévich, 1975)

El valor de  $C_r = 0.01$

Para verificar que el rodillo va a rodar sobre su propio eje al trasladarse, se utiliza la ecuación:

$$\frac{u_r}{r} \leq u \quad (15)$$

Donde  $u$ : es el coeficiente de rozamiento por deslizamiento. En la tabla 4-2 se encuentra el coeficiente por deslizamiento.

Tabla 4-2. Coeficientes de rozamiento por deslizamiento

<b>Superficies en contacto</b>	<b><math>u</math></b>
Acero sobre acero	0.18
Acero sobre hielo	0.002 – 0.03
Acero sobre hierro	0.19
Bronce sobre acero	0.18
Correa de cuero sobre metal	0.56
Patines de madera sobre hielo y nieve	0.035
Goma (neumático) sobre terreno firme	0.4 – 0.6
Correa de cuero (seca) sobre metal	0.56
Bronce sobre bronce	0.2

Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: (TERREL)

Reemplazando en la ecuación (16)

$$0.01 \leq 0.6$$

Al cumplir la condición se asegura que el rodillo va a rotar sobre su propio eje.

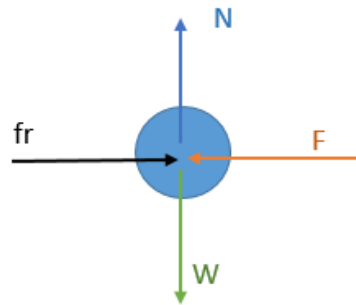
Cabe recalcar que los rodillos giraran en su propio eje también con ayuda de rodamientos los mismos que permitirán que el tubo de pvc gire ayudando a que en el momento del transporte de los tomates, sea más eficiente la movilización de los tomates y mejore la eficiencia de la máquina.



## Fuerzas necesarias para empujar cada rodillo

En la figura 4-9 se representa el diagrama de cuerpo libre de la sección transversal del rodillo en el punto que se encuentra en contacto con los rieles en donde se desplazan los rodillos.

Figura 4-9. Diagrama cuerpo libre de rodillo



Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: Autores

Donde  $W$  es igual al peso del rodillo más la carga de tomate que soporta cada rodillo.

Cada rodillo lleva aproximadamente 7 tomates de primera.

$$w = 6.5 + (7 * 1.74) = 18.68 \text{ [N]}$$

Efectuando sumatoria de fuerzas  $N = W$

Un cilindro rueda si cumple la siguiente condición:

$$F \geq \frac{u_r N}{r} \quad (16)$$

$F$  es la fuerza que se necesita para el inicio,  $u_r$  presenta unidades de longitud es el coeficiente de resistencia a la rodadura;  $u_r$  depende de la naturaleza de los cuerpos en contacto.

$F$  es la fuerza mínima necesaria para el arranque.

$$F = \frac{u_r N}{r} = \frac{0.1 * 18.68}{6} = 0.31 \text{ [N]}$$

$$F \geq 0.31 \text{ [N]}$$

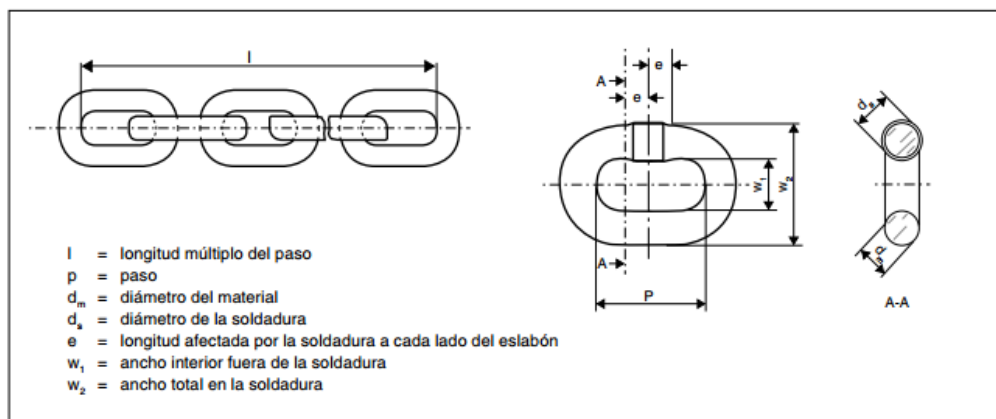
#### 4.4 Dimensionamiento y escogimiento de los eslabones de la cadena de transmisión

Se conoce que la transmisión por cadena puede ser:

- ✓ Para transmisión de potencia.
- ✓ Para transporte.
- ✓ Para elevación.

Las cadenas que se acaban de mencionar anteriormente deben estar calibradas, es decir que todos los eslabones tengan las mismas dimensiones, para que ocupen exactamente los huecos adecuados dispuestos sobre toda la periferia de los piñones para alojar adecuadamente los eslabones, o los dientes de la periferia de los piñones dentadas para cadenas articuladas. (CONSORTI pág. 397)

Figura 4-10. Dimensiones del eslabón y la cadena



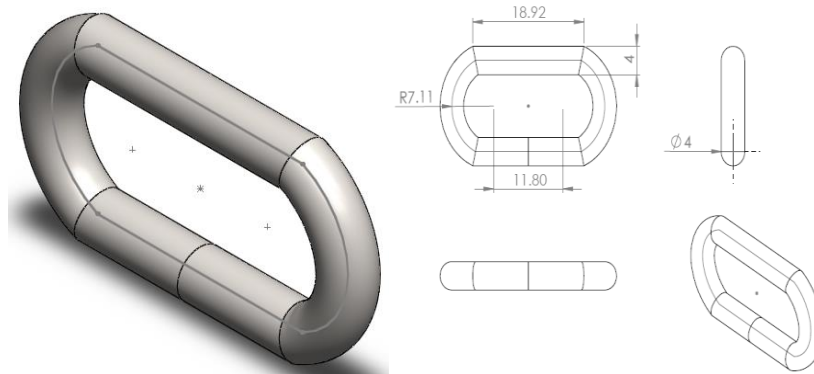
Fuente: (CONSORTI pág. 398)

Cada módulo está constituido por un diseño de transmisión por cadenas de eslabones su diseño es el mismo en los tres módulos variando la longitud de paso según los espacios necesitados entre rodillos que constituyen cada módulo para la respectiva clasificación de los diferentes tamaños. (ver Anexo F)

##### 4.4.1 Módulo 1 - eslabón 1

La separación entre rodillos, permite una clasificación de tamaño constante; calculamos los pesos de los eslabones que están hecho de material acero SAE 1018; tenemos:

Figura 4-11. Dimensionamiento eslabón 1

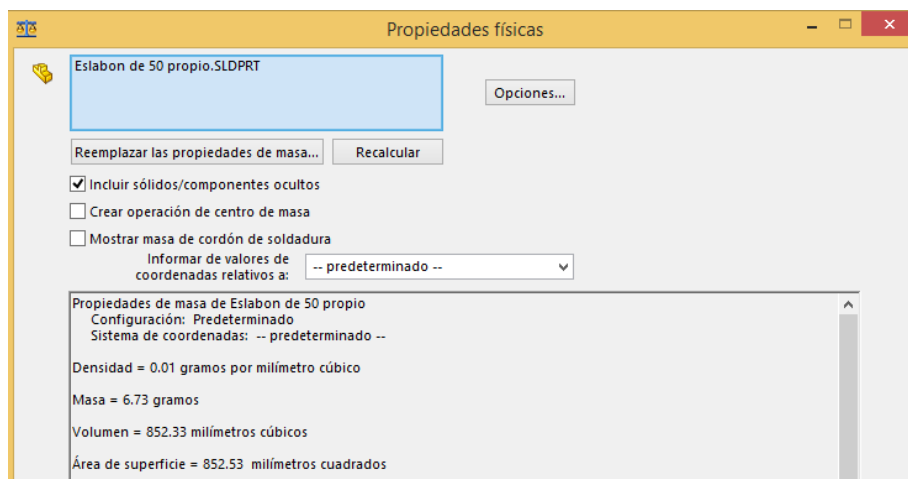


Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: Autores

Volumen del eslabón 1. Para el cálculo del volumen se lo realiza con ayuda del software Solidworks 2016, mediante la herramienta calcular propiedades físicas.

Figura 4-12. Cálculo del volumen del eslabón 1



Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: Autores

$$V_{estabon\ 1} = 852.33[mm^3] \text{ ó } 8.5 \times 10^{-7} [m^3]$$

$$P_{estabon\ 1} = \rho V_{estabon\ 1} g$$

$$P_{estabon\ 1} = 7850 \left[ \frac{kg}{m^3} \right] * 8.5 \times 10^{-7} [m^3] * 9.8 \frac{m}{s^2} = 0.0653 [N]$$

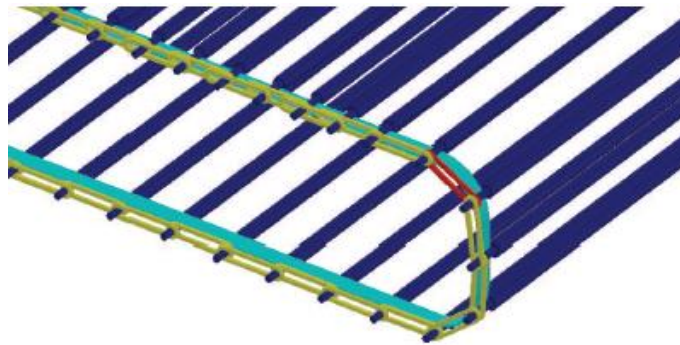
#### 4.4.1.1 Cálculo de la carga de tracción que soporta el eslabón

La carga de tensión se analiza en el eslabón más crítico el cual se encuentra al final del conjunto de rodillos clasificadores y el mismo que soporta la carga de 50 eslabones y 10 rodillos.

$$C = 50 * 0.0653 [N] + 10 * 6.5[N] = 68.26 [N]$$

Esta carga es soportada por los 4 eslabones que se encuentran en las esquinas de la zona de clasificación de la máquina. Se representa de color rojo el eslabón a diseñar como se observa en la figura 4-13.

Figura 4-13. Posición del eslabón crítico



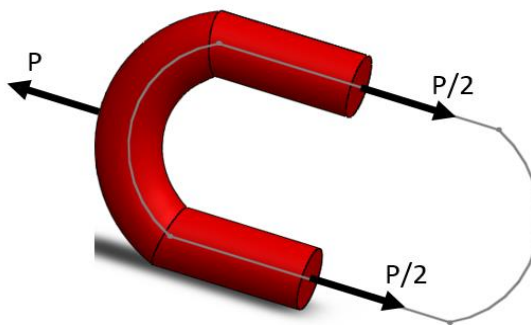
Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: Autores

$$P = \frac{C}{4} = 17.065 [N]$$

En la figura 4-14 representamos la carga de tracción que está sometido el eslabón crítico analizado.

Figura 4-14. Carga sometida al eslabón



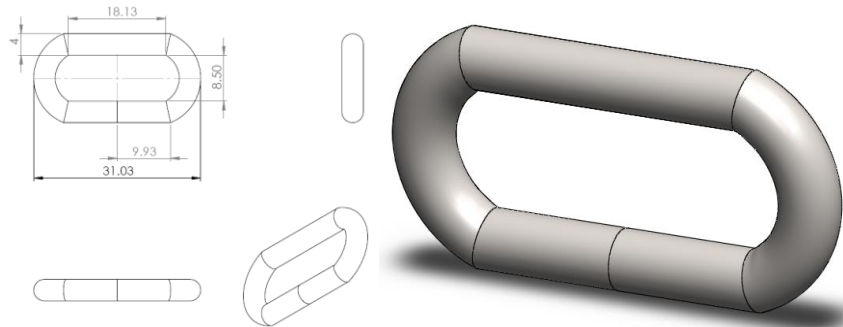
Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: Autores

$$F_s = \frac{V S_y}{P} = \frac{(8.5 \times 10^{-7})[m^3] * (250 \times 10^6)[N/m^2]}{17.065 [N]} = 12.45$$

#### 4.4.2 Módulo 2 - eslabón 2

Figura 4-15. Dimensionamiento eslabón 2

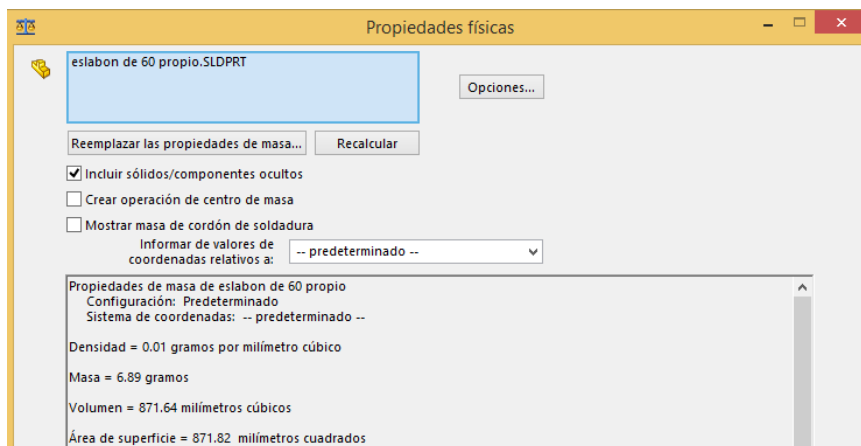


Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: Autores

El resultado del cálculo del volumen se indica en la figura 4-16.

Figura 4-16 Cálculo del volumen del eslabón 2



Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

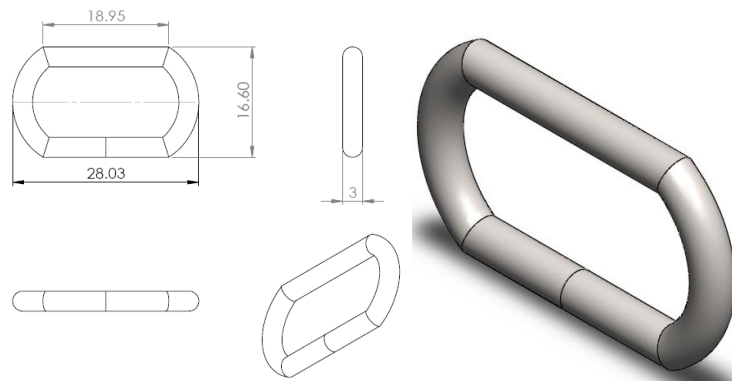
Fuente: Autores

$$V_{eslabon\ 2} = 8.7164 \times 10^{-7} [m^3]$$

$$P_{eslabon\ 2} = \rho V_{eslabon\ 2} g = 7850 \left[ \frac{kg}{m^3} \right] * 8.7164 \times 10^{-7} [m^3] * 9.8 \frac{m}{s^2} = 0.067 [N]$$

#### 4.4.3 Módulo 3 - eslabón 3

Figura 4-17. Dimensionamiento eslabón 3

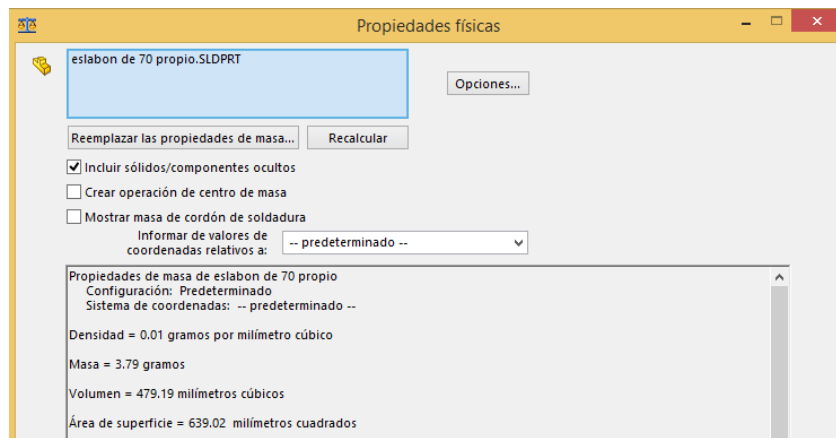


Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: Autores

El resultado del volumen del eslabón 3 se presenta en la figura 4-18.

Figura 4-18. Cálculo del volumen del eslabón 3



Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: Autores

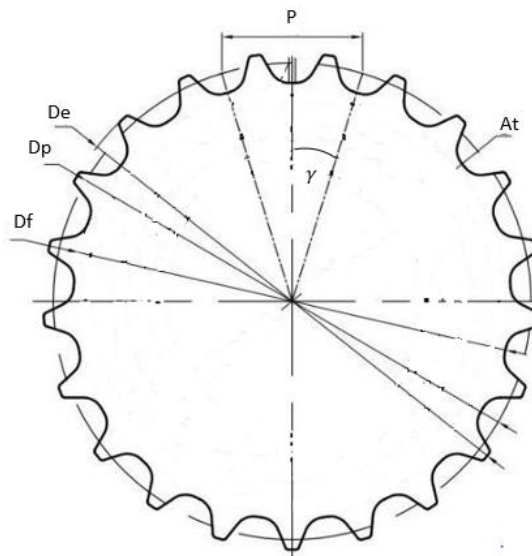
$$V_{\text{eslabon } 3} = 4.79 \times 10^{-7} \text{ [m}^3\text{]}$$

$$P_{\text{eslabon } 3} = \rho V_{\text{eslabon } 3} g = 7850 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] * 4.79 \times 10^{-7} \text{ [m}^3\text{]} * 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 0.0368 \text{ [N]}$$

#### 4.5 Dimensionamiento y diseño de los piñones de la cadena de transmisión

El diseño de los piñones se los realizó partiendo del tamaño del paso de la cadena de rodillos que va a transmitir a cada módulo.

Figura 4-19. Elementos básicos de un piñón



Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: (Carazo)

#### 4.5.1 *Cálculo de los elementos básicos de un piñón para cadena de eslabones*

Denominación:

$Z$  = Numero de dientes del piñón a fresar

$P$  = Paso de la cadena

$d_r$  = Diámetro nominal del rodillo de la cadena

$d$  = Diámetro medido sobre el fondo del diente para determinar la curva de apoyo

$D_p$  = Diámetro primitivo

$D_e$  = Diámetro exterior

$D_f$  = Diametro de fondo

$A_t$  = Altura total del diente

$B$  = Ancho interior de la cadena

Tenemos las siguientes formulas:

$$d = 1.005 \times d_r + 0.08 \quad (17)$$

$$\gamma = \frac{360}{2 \times Z} \quad (18)$$

$$d_e = \frac{P}{\tan \frac{180}{Z}} + P \times 0.50 \quad (19)$$

$$d_p = \frac{P}{\text{sen } \gamma} \quad (20)$$

$$d_f = d_p - d_r = \quad (21)$$

$$A_t = \frac{d_e - d_f}{2} \quad (22)$$

#### 4.5.2 Piñón de 50 - módulo 1

Procedemos a calcular los diferentes parámetros más importantes, reemplazando en las ecuaciones tenemos:

$$\gamma = \frac{360}{2 \times Z} = \frac{360}{2 \times 7} = 25.71$$

$$d_e = \frac{P}{\tan \frac{180}{Z}} + P \times 0.50 = \frac{44}{\tan \frac{180}{7}} + 44 \times 0.5 = 113.38 \text{ mm}$$

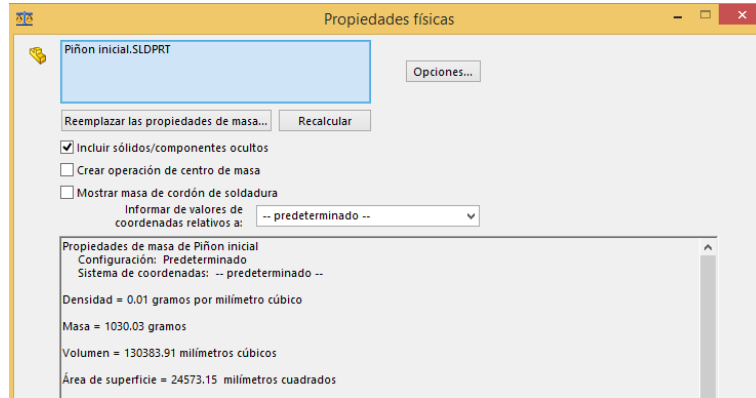
$$d_p = \frac{P}{\text{sen } \gamma} = \frac{44}{\text{sen } 25.71} = 101.42 \text{ mm}$$

$$d_f = d_p - d_r = 101.42 - 8 = 93.42 \text{ mm}$$

$$A_t = \frac{d_e - d_f}{2} = \frac{113.38 - 93.42}{2} = 9.98 \text{ mm}$$



Figura 4-20. Dimensionamiento piñón módulo 1



Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

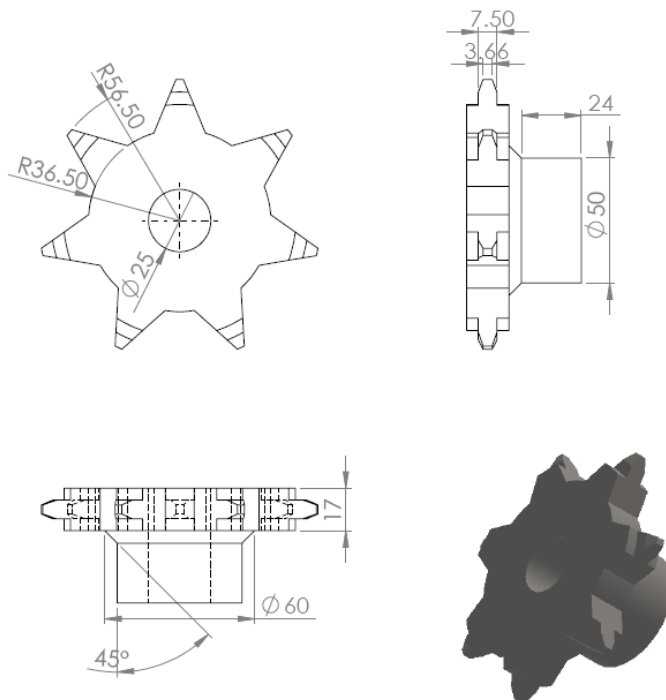
Fuente: Autores

$$P_{\text{Piñón módulo 1}} = \rho V_{\text{piñón módulo 1}} g \quad (23)$$

$$P_{\text{Piñón módulo 1}} = 7850 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] * 1.3 \times 10^{-4} \text{ m}^3 * 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$P_{\text{Piñón módulo 1}} = 10.03 \text{ N}$$

Figura 4-21. Dimensiones piñón módulo 1



Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: Autores

### 4.5.3 Piñón de 60 – módulo 2

Reemplazamos en las ecuaciones:

$$\gamma = \frac{360}{2 \times Z} = \frac{360}{2 \times 8} = 22.5$$

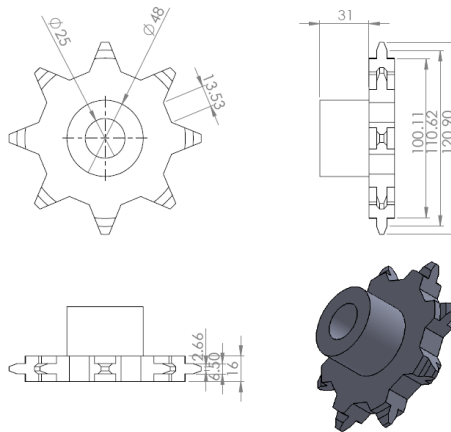
$$d_e = \frac{P}{\tan \frac{180}{Z}} + P \times 0.50 = \frac{42.4}{\tan \frac{180}{8}} + 42.4 \times 0.5 = 123.56 \text{ mm}$$

$$d_p = \frac{P}{\text{sen } \gamma} = \frac{42.4}{\text{sen } 22.5} = 110.79 \text{ mm}$$

$$d_f = d_p - d_r = 110.79 - 8 = 102.79 \text{ mm}$$

$$A_t = \frac{d_e - d_f}{2} = \frac{123.56 - 102.79}{2} = 10.38 \text{ mm}$$

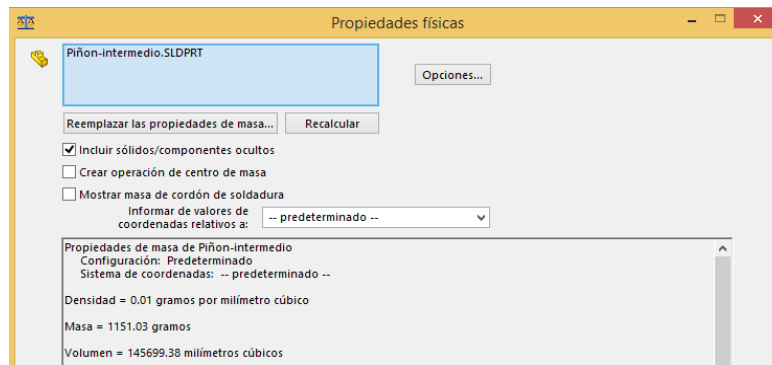
Figura 4-22. Dimensiones piñón módulo 2



Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: Autores

Figura 4-23. Dimensiones del piñón módulo 2



Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: Autores

$$P_{\text{Piñon modulo 2}} = \rho V_{\text{piñon modulo 2}} g$$

$$P_{\text{Piñon modulo 2}} = 7850 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] * 1.4 \times 10^{-4} \text{ m}^3 * 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$P_{\text{Piñon modulo 2}} = 10.77 \text{ N}$$

#### 4.5.4 Piñón de 70 – módulo 3

Calculando tenemos:

$$\gamma = \frac{360}{2 \times Z} = \frac{360}{2 \times 8} = 22.5$$

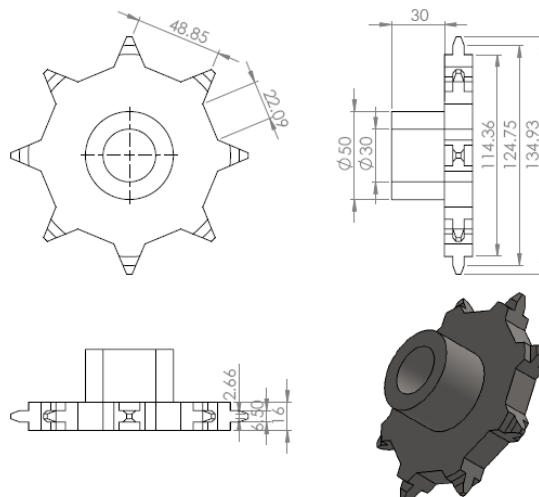
$$d_e = \frac{P}{\tan \frac{180}{Z}} + P \times 0.50 = \frac{47.2}{\tan \frac{180}{8}} + 47.2 * 0.5 = 137.55 \text{ mm}$$

$$d_p = \frac{P}{\text{sen } \gamma} = \frac{47.2}{\text{sen } 22.5} = 123.34 \text{ mm}$$

$$d_f = d_p - d_r = 123.34 - 8 = 115.34 \text{ mm}$$

$$A_t = \frac{d_e - d_f}{2} = \frac{137.55 - 115.34}{2} = 11.105$$

Figura 4-24. Dimensiones piñón módulo 3

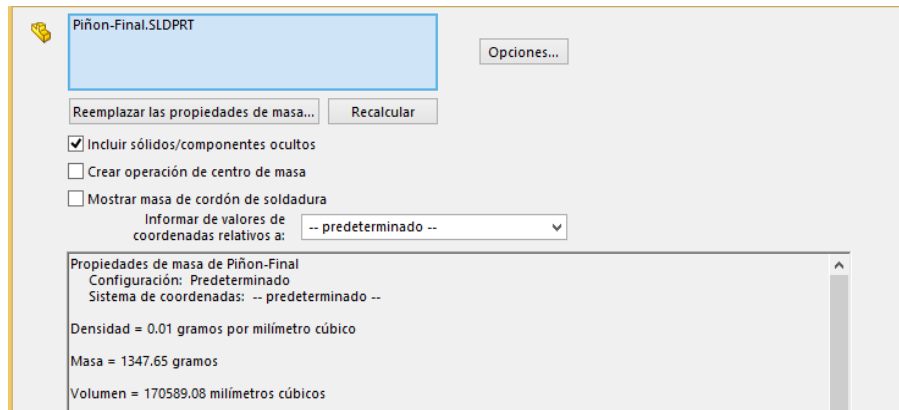


Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: Autores

Calculamos el volumen del piñón del módulo 3 con ayuda del software solidworks 2016.

Figura 4-25. Cálculo del volumen del piñón del módulo 3



Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: Autores

$$P_{\text{Piñon modulo 3}} = \rho V_{\text{piñon modulo 1g}}$$

$$P_{\text{Piñon modulo 3}} = 7850 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] * 1.7 \times 10^{-4} \text{ m}^3 * 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$P_{\text{Piñon modulo 3}} = 13.07 \text{ N}$$

Fuente: Autores

#### 4.5.5 *Fuerza producida por el peso del tomate*

Para ello se multiplica la masa total que ingresa a la tolva, con la gravedad, tenemos la siguiente ecuación:

$$F_{pt} = m_{\text{tomate}} * g \quad ( 24 )$$

Donde:

$F_{pt}$  = Fuerza debido al peso del tomate

$g$  = Gravedad ( $9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ )

$$F_{pt} = 23 \text{ kg} * 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$F_{pt} = 225.4 \text{ N}$$

#### 4.5.6 *Cálculo de la velocidad angular*

Capacidad requerida = 80 cartones de 23 Kg/h = 1840 Kg/h.

Necesitamos obtener el tiempo que se demora en clasificar una bandeja, se divide el peso de la bandeja, para la capacidad requerida:

$$\text{Tiempo para clasificar} = \frac{\text{Peso bandeja}}{\text{Capacidad requerida}} = \frac{23 \frac{\text{Kg}}{\text{h}}}{1840 \frac{\text{Kg}}{\text{h}}} = 0.0125 \text{ h} = 0.75 \text{ min.} = 45 \text{ s.}$$

La distancia que existe desde la tolva de alimentación hasta el punto más lejano antes de la clasificación que recorre el tomate es 3.5 m

$$\text{Velocidad banda transportadora de rodillos} = \frac{3.5 \text{ m}}{45 \text{ s}} = 0.07 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Suponemos el diámetro del rodillo que mueve la banda transportadora de rodillos de 28.6 mm.

$$V = \omega * r$$

$$\omega = \frac{V}{r} = \frac{0.07 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{0.0143 \text{ m}} = 4.89 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

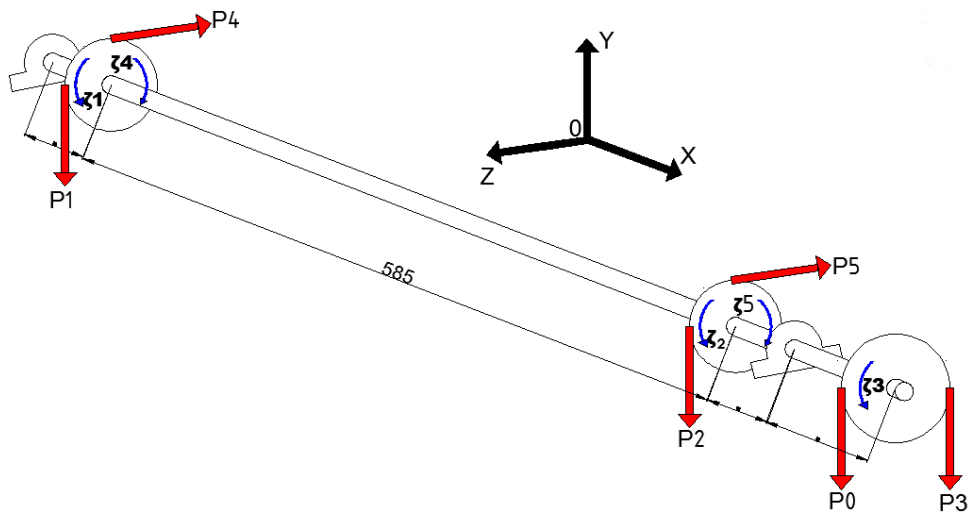
Transformamos la velocidad angular a RPM:

$$n = 4.89 \frac{\text{rad}}{\text{s}} * \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} * \frac{1 \text{ rev}}{2\pi \text{ rad}} = 46.69 \text{ RPM}$$

#### 4.6 **Diseño del eje módulo 1**

Tomamos en cuenta todas las cargas que están en el eje incluida la fuerza de la catalina la misma que impulsara la cadena

Figura 4-26. Fuerzas que actúan en el eje



Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: Autores

Calculando las tensiones tenemos:

$$P_1 = 50 \text{ eslabones de } m1 [N] + \frac{10}{2} \text{ rodillos de } m1 [N] + \text{ peso de los tomates en estado critico } \left(\frac{300}{4}\right) + 40 \text{ tuercas } [N] + 20 \text{ arandelas } [N] \quad (25)$$

Reemplazando datos en ecuación (25) tenemos:

$$P_1 = 50 * 0.0653 [N] + \frac{10}{2} * 6.5[N] + \left(\frac{10 * 30}{4}\right) [N] + 40 * 0.0396 [N] + 20 * 0.011 [N]$$

$$P_1 = 184.56 N$$

$$P_2 = P_1 = 184.56 N$$

$$P_4 = 20 \text{ eslabones de } m1 [N] + \frac{4}{2} \text{ rodillos de } m1 [N] + 16 \text{ tuercas } [N] + 8 \text{ arandelas } [N]$$

$$P_4 = 20 * 0.0653 [N] + \frac{4 * 6.5}{2} [N] + 16 * 0.0396 [N] + 8 * 0.011 [N]$$

$$P_4 = 15.0276 [N]$$

$$P_5 = P_4 = 15.0276 [N]$$

Calculamos los torques con las diferentes tensiones debido a los pesos que actúan sobre el eje, para posteriormente realizar una sumatoria de torques y encontrar la  $T_3$

$$\mathcal{T}_1 = P_1 * R_{p1} \quad (26)$$

Reemplazando en ecuación (26), obtenemos el torque 1

$$\mathcal{T}_1 = (184.56[N]) * (0.0565[m])$$

$$\mathcal{T}_1 = 10.42 [N.m]$$

Calculamos el torque 2

$$\mathcal{T}_2 = P_2 * R_{p2}$$

$$\mathcal{T}_2 = (184.56[N]) * (0.0565[m])$$

$$\mathcal{T}_2 = 10.42 [N.m]$$

Calculamos el torque 4

$$\mathcal{T}_4 = P_4 * R_{p4}$$

$$\mathcal{T}_4 = (15.0276[N]) * (0.0565[m])$$

$$\mathcal{T}_4 = 0.849 [N.m]$$

Obtenemos el torque 5

$$\mathcal{T}_5 = T_5 * R_{p5}$$

$$\mathcal{T}_5 = (15.0276[N]) * (0.0565[m])$$

$$\mathcal{T}_5 = 0.849 [N.m]$$

$$\sum \mathcal{T} = 0$$

$$\mathcal{T}_1 + \mathcal{T}_2 + (T_3 * R_{catalina}) + \mathcal{T}_4 + \mathcal{T}_5 = 0$$

$$10.42[N.m] + 10.42[N.m] + (-T_3[N] * 0.06 [m]) - 0.849[N.m] - 0.849[N.m] = 0$$

$$T_3 = 319.03 \text{ [N]}$$

Luego de haber encontrado la tensión 3, calculamos el torque 3:

$$\mathcal{T}_3 = T_3 * R_{catalina}$$

$$\mathcal{T}_3 = (319.03\text{[N]}) * (0.06\text{[m]})$$

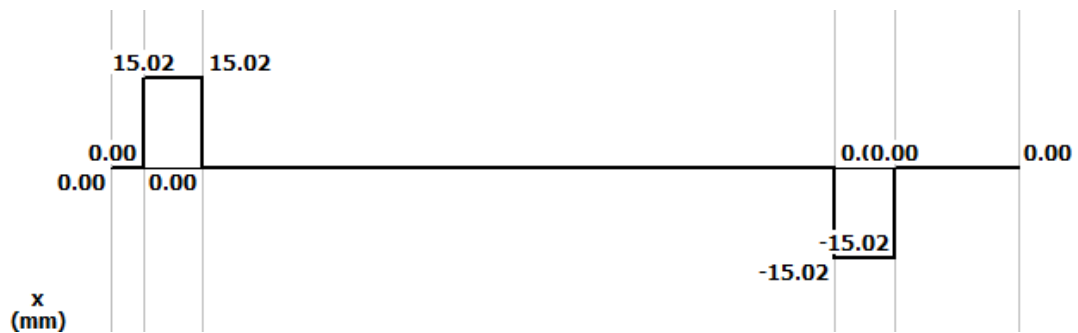
$$\mathcal{T}_3 = 19.142 \text{ [N.m]}$$

Procedemos a calcular las reacciones

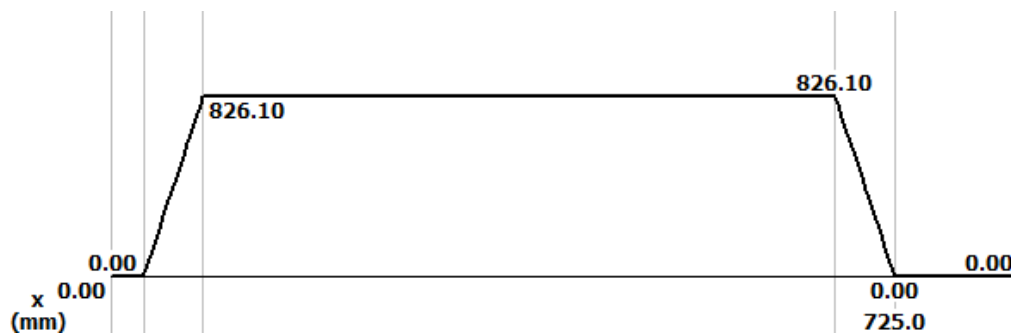
Plano ZX



Cálculo de las reacciones y cortante



Cálculo del momento



Plano YX

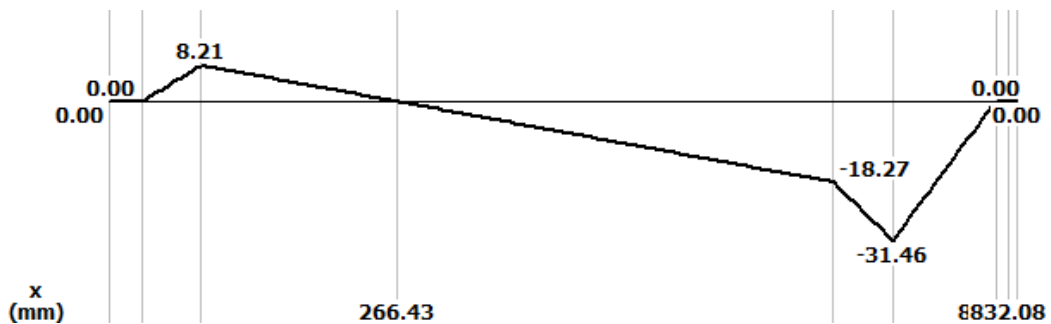




Cálculo de las reacciones y cortante



Cálculo del momento máximo



Resultados

Plano XZ

$$A_{xz} = 15.02 \text{ [N]}$$

$$B_{xz} = 15.02 \text{ [N]}$$

$$M_{xz} = 0.826 \text{ [N.m]}$$

Plano XY

$$A_{xy} = 149.32 \text{ [N]}$$

$$B_{xy} = 571.02 \text{ [N]}$$

$$M_{xy} = 31.46 \text{ [N.m]}$$

Para obtener el momento flector máximo calculamos con los momentos tanto en el plano XZ e XY con la siguiente ecuación:

$$M_{max} = \sqrt{(M_{Bxy})^2 + (M_{Bxz})^2} = \sqrt{(31.46)^2 + (0.826)^2}$$

El momento máximo se da en el punto B, a la distancia de  $x = 0.725m$ .

$$M_{max} = 31.46 \text{ N.m}$$

$$T = 19.142 \text{ N.m}$$

Diseño estático del eje. El eje se encuentra sometido a flexión y torsión.

Esfuerzo de flexión:

$$\sigma_f = \frac{32M}{\pi d^3} \quad (27)$$

Esfuerzo de torsión:

$$\tau = \frac{16T}{\pi d^3} \quad (28)$$

Teoría del esfuerzo cortante máximo TRESCA:

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2} = \frac{0.5 S_y}{n} \quad (29)$$

Donde:

$d$  = diámetro del eje en m.

$M$  = momento flexionante en la sección crítica en N.m

$T$  = momento torcionante en la sección crítica en N.m

$n$  = factor de seguridad.

$$S_y = 2816.32 \frac{Kg}{cm^2} = 276000000 \left[\frac{N}{m^2}\right] \text{ (Acero inoxidable 304) (ver Anexo G)}$$

Tenemos:

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\frac{16M^2}{d^3} + \frac{16T^2}{d^3}} = \frac{0.5 S_y}{n} \quad (30)$$

Despejando el diámetro ( $d$ ) de la ecuación (30) tenemos:

$$d^3 = \frac{32n\sqrt{M^2 + T^2}}{S_y}$$

$$d^3 = \frac{32 * 3 * \sqrt{(31.46 [N.m])^2 + (19.142 [N.m])^2}}{276000000 [\frac{N}{m^2}]}$$

$$d = 0.02339 [m]$$

$$d = 23.39 [mm]$$

Escogemos el diámetro del eje  $1 \frac{1}{4}$  [in] = 31.75 [mm] para mayor seguridad y es un diámetro que se encuentra en el mercado.

#### 4.6.1 *Diseño a fatiga*

Esfuerzos en el punto B

Flexión:

$$\sigma_{xm} = 0$$

$$\sigma_{xa} = \frac{32M_B}{\pi * d^3}$$

$$\sigma_{xa} = \frac{32 * 31.46}{\pi * 0.031^3}$$

$$\sigma_{xa} = 10.75 * 10^6 Pa$$

Corte:

$$\tau_{xya} = 0$$

$$\tau_{xym} = \frac{16 T}{\pi * d_B^3}$$

$$\tau_{xym} = \frac{16 * 19.142}{\pi * 0.031^3}$$

$$\tau_{xym} = 3.27 * 10^6 Pa$$

Compresión

$$\sigma_{fm} = 0$$

$$\sigma_{fa} = 0$$

Esfuerzos equivalentes según Von Mises tenemos:

$$\sigma_{eqm} = \sqrt{\sigma_{xm}^2 + 3 \tau_{xym}^2} \quad (31)$$

Reemplazando tenemos:

$$\sigma_{eqm} = \sqrt{0^2 + 3 (3.27 * 10^6)^2}$$

$$\sigma_{eqm} = 5.66 * 10^6 \text{ Pa}$$

$$\sigma_{eqa} = \sqrt{\sigma_{xa}^2 + 3 \tau_{xya}^2}$$

$$\sigma_{eqa} = \sqrt{(10.75 * 10^6)^2 + 3 (0)^2}$$

$$\sigma_{eqa} = 10.75 * 10^6 \text{ Pa}$$

Calculo límite de fatiga:

Los factores de modificación de la tensión de resistencia a la fatiga:

$$S_e = S_{e'} k_a k_b k_c k_d k_e k_g$$

Donde:

$S_e$  = límite de resistencia a la fatiga del elemento mecánico.

$S_{e'}$  = límite de resistencia a la fatiga de la muestra de la viga rotatoria.

$k_a$  = factor de superficie

$k_b$  = factor de tamaño

$k_c$  = factor de carga.

$k_d$  = factor de temperatura.

$k_f$  = factor de efectos diversos.

$k_e$  = factor de confiabilidad. (MACAS, 2014)

$$S_{e'} = 0.5 S_{ut}$$

Donde:

$$S_{ut} = 5795 \frac{kg}{cm^2} = 568 \frac{N}{m^2} \quad (\text{Acero inoxidable 304})$$

Reemplazando tenemos:

$$S_{e'} = 0.5 (5795 \frac{kg}{cm^2}) = 2897.5 \frac{kg}{cm^2}$$

Factor de superficie  $k_a$  por ser maquinado

Los valores de  $a = 4.51$  y  $b = -0.265$

$$k_a = a S_{ut}^b = 4.51 * 568^{-0.265} = 0.84$$

Factor de tamaño  $k_b$

Suponemos un diámetro de 22 [mm]

$$k_b = 1.24 d^{-0.107} = 1.24 (22)^{-0.107} = 0.89$$

Factor de carga  $k_c$

Entonces tenemos por flexión  $k_c = 1$

Factor de temperatura  $k_d$

$$k_d = 1$$

Factor de confiabilidad  $k_e$  99%

$$k_e = 0.814$$

Factor de efectos varios  $k_f$  *provocada por la chaveta*

$$k_f = 0.746$$

Factores que modifican el límite de resistencia a la fatiga.

Con ayuda de la ecuación de Marín se pueden cuantificar los efectos de la condición superficial, el tamaño, la carga, la temperatura, etc.

Calculando tenemos:

$$S_e = \left( 2897.5 \frac{kg}{cm^2} \right) (0.84 * 0.89 * 1 * 1 * 0.814 * 0.746)$$

$$S_e = 1315.39 \left[ \frac{kg}{cm^2} \right] = 128 \times 10^6 \left[ \frac{N}{m^2} \right]$$

Aplicando el criterio de Goodman tenemos la siguiente ecuación:

$$\frac{\sigma_{max}}{S_e} + \frac{\tau_{eqm}}{S_{ut}} = \frac{1}{n} \quad (32)$$

$$\frac{10.75 \times 10^6 \text{ Pa}}{128 \times 10^6 \text{ Pa}} + \frac{5.66 \times 10^6 \text{ Pa}}{568 \times 10^6 \text{ Pa}} = \frac{1}{n}$$

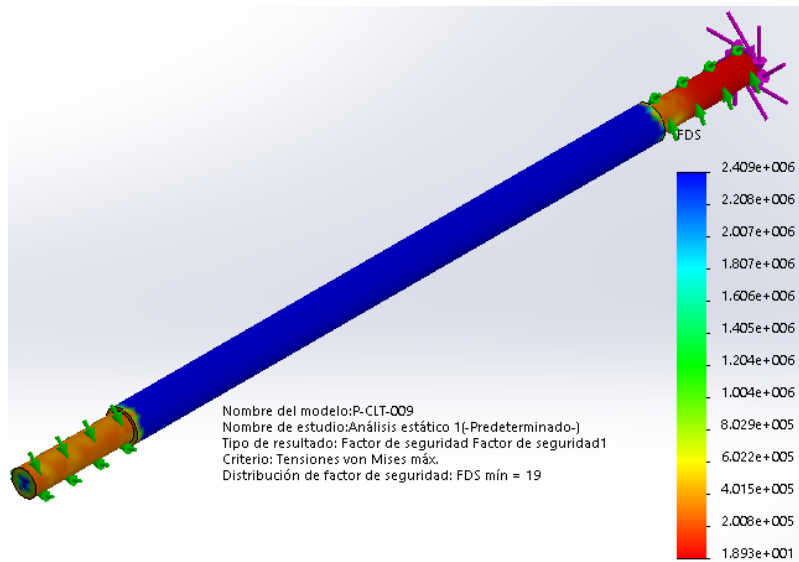
$$n = 10.64$$

Como el factor de seguridad es aceptable concluimos que el eje no va a fallar a fatiga, consideramos para la construcción que se use el eje de  $\phi = 1 \frac{1}{4}$  in.

#### 4.6.2 *Análisis de resistencia del eje módulo 1 mediante solidworks*

Partimos modelando el elemento en el software solidworks y ubicando las diferentes cargas a las que va a estar sometido, como se observa en la figura 4-27.

Figura 4-27. Cargas que actúan en el eje

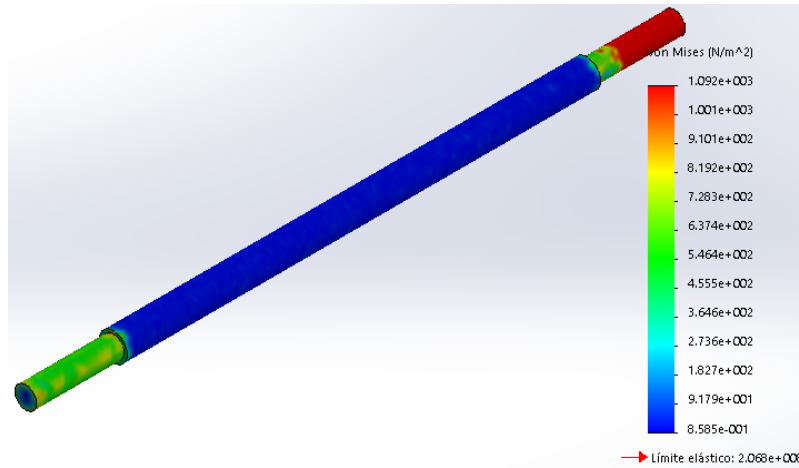


Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: Autores

Ejecutamos el programa concluimos que el eje va a resistir soportando las cargas a las que está sometido.

Figura 4-28. Comprobación de resistencia



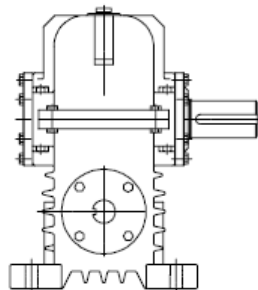
Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: Autores

#### 4.6.3 Selección del motor reductor

Figura 4-29. Motor reductor salida a derecha

Salida Derecha



Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: Autores

Escogemos el factor de seguridad (F.S.)

$$(F.S.) = 1$$

Calculamos la potencia requerida:

$$P_{requerida} = F.S. * HP \quad (33)$$

$$P_{requerida} = 1 * 0.5$$

$$P_{requerida} = 0.5 \text{ HP}$$

Seleccionamos un motor reductor trifásico UGS – 51 de 0.5 HP y 1750 rpm (Ver Anexo S)

Determinamos la relación del reductor con las velocidades de entrada y salida

$$i = \frac{V \text{ entrada}}{V \text{ salida}}$$

$$i = \frac{1750 \text{ rpm}}{35 \text{ rpm}}$$

$$i = 50$$

Donde:

$i$  = Relación de transmisión

#### 4.7 Diseño del eje del motor reductor

Cálculo de la fuerza que actúa en el piñón

$$F = \frac{T}{r_{catalina}}$$

Donde:

T= torque en N.m

F= fuerza de movimiento cadena

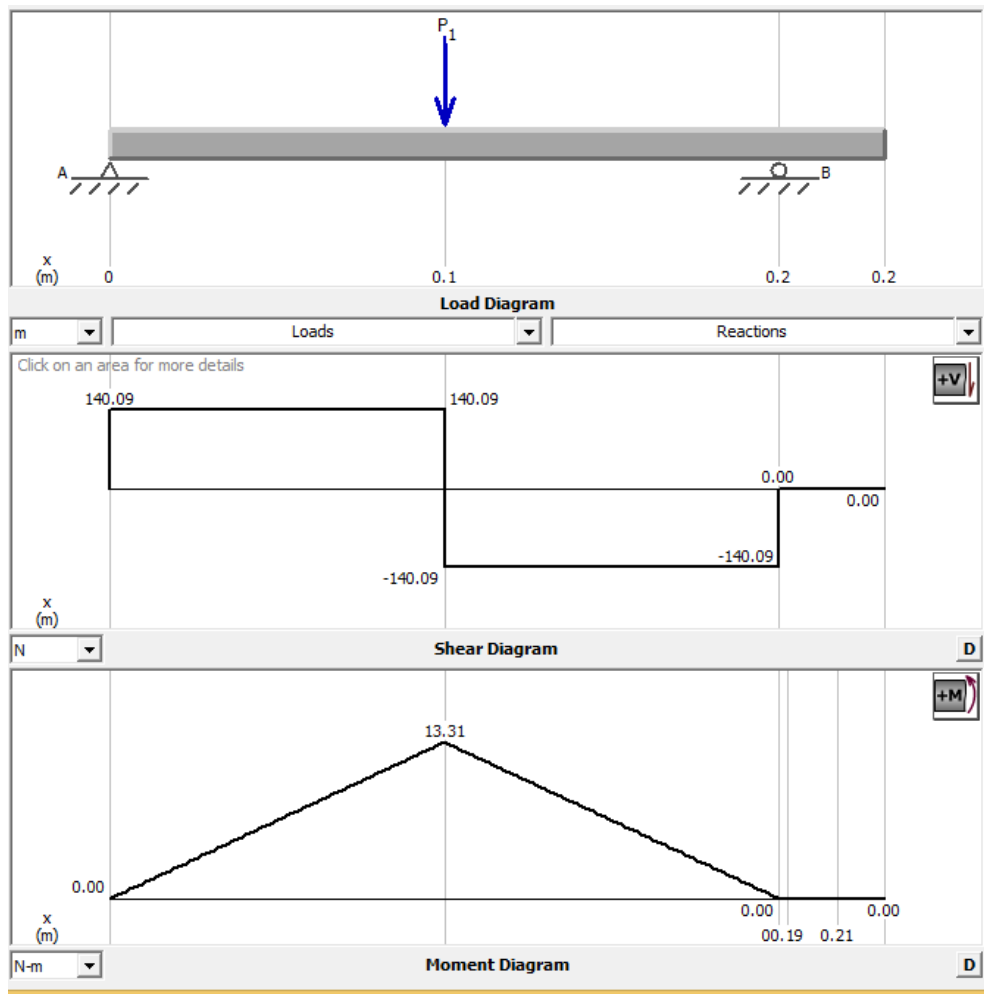
$r_{catalina}$  = radio de la catalina.

$$F = \frac{19.142 \text{ N.m}}{0.06832 \text{ m}} = 280.18 \text{ N}$$

Procedemos a calcular el momento y cortante en el eje.



Figura 4-30. Diagrama de momento y cortante



Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: Autores

Tenemos:

$$R_1 = 140.09 \text{ N}$$

$$R_2 = 140.09 \text{ N}$$

$$M = 13.31 \text{ N.m}$$

$$T = 19.142 \text{ N.m}$$

#### 4.7.1 *Diseño estático*

Esfuerzo de flexión:

Reemplazamos en la ecuación (27):

$$\sigma_f = \frac{32 * (13.31 \text{ N.m})}{\pi * (0.0319\text{m})^3}$$

$$\sigma_f = 4.17 \text{ MPa}$$

Esfuerzo de torsión:

Con ayuda de la ecuación (28) tenemos:

$$\tau = \frac{16 * (19.142 \text{ [N.m]})}{\pi * (0.0319\text{m})^3}$$

$$\tau = 3 \text{ MPa}$$

$$S_y = 2816.32 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} = 276000000 \left[ \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \right] \text{ (Acero inoxidable 304) (ver Anexo D)}$$

Despejando el diámetro de la ecuación (30):

$$d^3 = \frac{32 * 3 * \sqrt{(13.31 \text{ [N.m]})^2 + (19.142 \text{ [N.m]})^2}}{276000000 \left[ \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \right]}$$

$$d = 0.020 \text{ m}$$

$$d = 2 \text{ cm}$$

Seleccionamos el diámetro del eje del motor reductor de 3 cm

#### 4.7.2 *Diseño a fatiga*

Según criterio de máxima tensión de corte:

$$\frac{S_y}{n} = \frac{32}{\pi d^3} \sqrt{M_m \left( \frac{S_y K_f M_a}{S_e} \right)^2 + T_m \left( \frac{S_y K_{fs} T_a}{S_e} \right)^2} \quad (34)$$

Dónde:

$$S_y = 2816.32 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} = 276000000 \left[ \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \right] \text{ (Acero inoxidable 304) (ver Anexo N)}$$

$d$  = diametro del eje [cm]

$M_m$  = momento flector medio [kgf.cm]

$M_a$  = momento flector alternante [kgm.cm]

$T_m$  = momento torsor medio [kgf.cm]

$T_a$  = momento torsor alternante en [kgf.cm]

$K_f = \text{factor de concentracion de esfuerzos}$

$K_{fs} = \text{factor de concentracion de esfuerzos por fatiga}$

Cálculo límite de fatiga:

$$S_{er} = 0.5 S_{ut}$$

Donde:

$$S_{ut} = 5795 \frac{kg}{cm^2} = 568 \frac{N}{m^2} \quad (\text{Acero inoxidable 304})$$

Reemplazando tenemos:

$$S_{er} = 0.5 (5795 \frac{kg}{cm^2}) = 2897.5 \frac{kg}{cm^2}$$

Factor de superficie  $k_a$  por ser maquinado

Los valores de  $a = 4.51$  y  $b = -0.265$

$$k_a = a S_{ut}^b = 4.51 * 568^{-0.265} = 0.84$$

Factor de tamaño  $k_b$

Suponemos un diámetro de 20 [mm]

$$k_b = 1.24 d^{-0.107} = 1.24 (20)^{-0.107} = 0.89$$

Factor de carga  $k_c$

Entonces tenemos por flexión  $k_c = 1$

Factor de temperatura  $k_d$

$$k_d = 1$$

Factor de confiabilidad  $k_e$  99%

$$k_e = 0.814$$

Factor de efectos varios  $k_f$  provocada por la chaveta

$$k_f = 0.746$$

Factores que modifican el límite de resistencia a la fatiga.

Calculando tenemos:

$$S_e = \left(2897.5 \frac{kg}{cm^2}\right) (0.84 * 0.89 * 1 * 1 * 0.814 * 0.746)$$

$$S_e = 1315.39 \left[\frac{kg}{cm^2}\right] = 128 \times 10^6 \left[\frac{N}{m^2}\right]$$

Para el cálculo de las cargas fluctuantes utilizamos las siguientes ecuaciones:

$$M_m = \frac{M_{max} + M_{min}}{2} \quad (35)$$

$$M_m = \frac{M_{max} - M_{min}}{2} \quad (36)$$

$$T_m = \frac{T_{max} + T_{min}}{2} \quad (37)$$

$$M_m = \frac{T_{max} - T_{min}}{2} \quad (38)$$

Reemplazando:

$$M_m = \frac{13.31 N.m - 13.31 N.m}{2} = 0$$

$$M_a = \frac{13.31 N.m + 13.31 N.m}{2} = 26.62 N.m = 271.63 kg.cm$$

$$T_m = \frac{19.142 N.m - 0 N.m}{2} = 9.571 N.m = 97.66 kg.cm$$

$$T_a = \frac{19.142 N.m + 0 N.m}{2} = 9.571 N.m = 97.66 kg.cm$$

Reemplazando en la ecuación (34) tenemos:

$$\frac{2816.32}{n} = \frac{32}{\pi(3)^3} \sqrt{0 \left( \frac{2816.32 * 1 * 271.63}{1315.39} \right)^2 + 97.66 \left( \frac{2816.32 * 1 * 97.66}{1315.39} \right)^2}$$

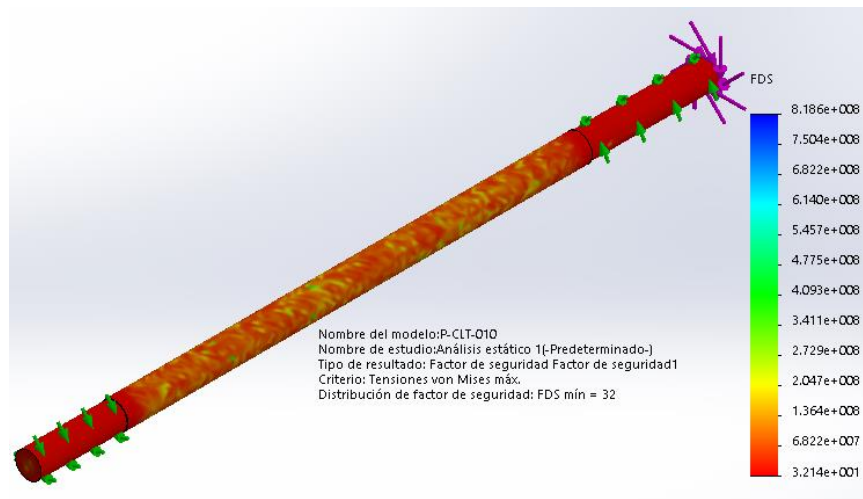
$$n = 3.61$$

El coeficiente de seguridad nos asegura que el eje no va a fallar.

#### 4.7.3 *Análisis de resistencia del eje del motor reductor mediante solidworks*

Partimos modelando el elemento en el software solidworks y ubicando las diferentes cargas a las que va a estar sometido, como se observa en la figura 4-31.

Figura 4-31. Cargas que actúan en el eje

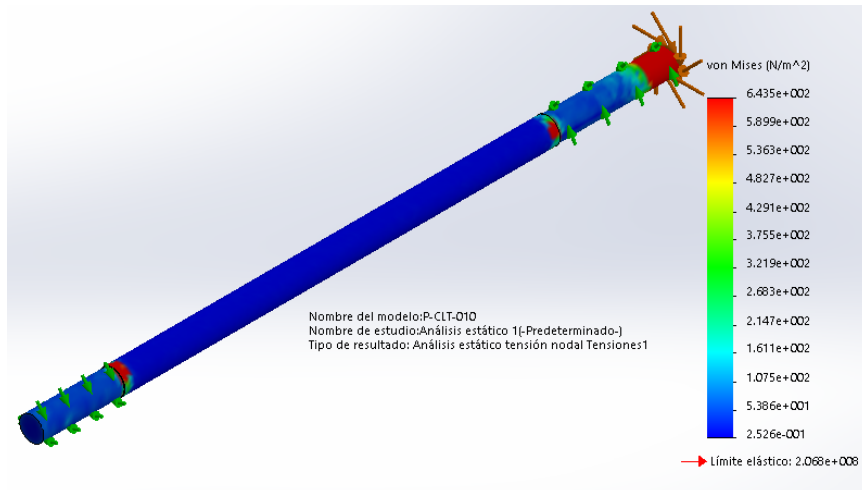


Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: Autores

Ejecutamos el programa tenemos el siguiente factor de seguridad:

Figura 4-32. Comprobación factor de seguridad



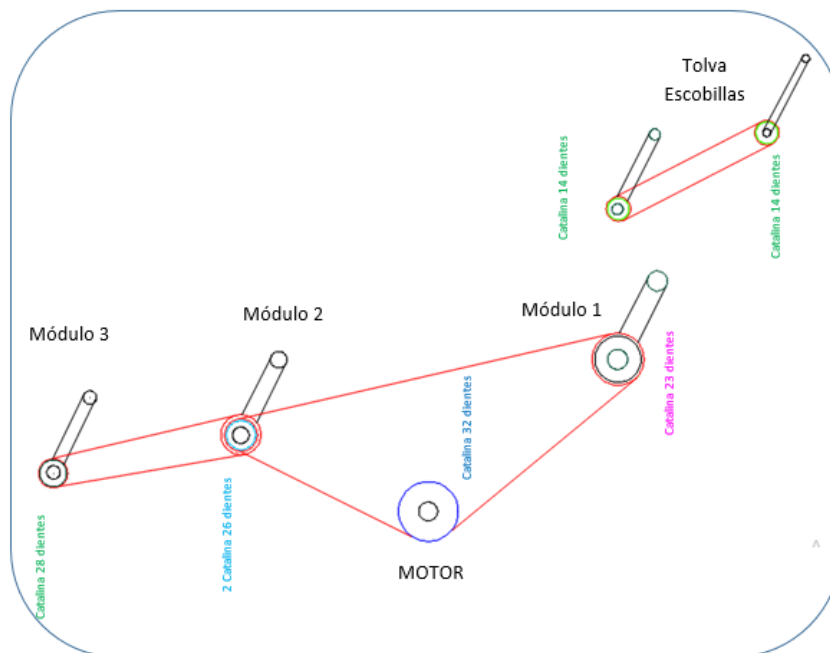
Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: Autores

#### 4.7.4 *Diseño de la transmisión de movimiento*

En la figura 4-33 se observa el diseño de transmisión de movimiento por cadenas el mismo que parte del eje del motor reductor hacia el eje del módulo 1 y módulo 2 y de este al módulo 3 con sus respectivas relaciones de transmisión, permitiendo así que la velocidad sea la misma para cada módulo.

Figura 4-33. Transmisión por cadenas



Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: Autores

Pasos para calcular la transmisión de potencia por cadenas:

1. Cálculo de la potencia de diseño

Para encontrar la potencia de diseño nos ayudamos de la siguiente formula:

$$P_d = \frac{P_M * K_s}{K_h} \quad (39)$$

Donde:

$P_M$  = Potencia del motor

$P_d$  = Potencia de diseño

$K_s$  = Factor de servicio para cadenas de rodillos

$K_h$ : = Factor de múltiples hileras

Según los datos vistos en tablas:

$$K_s = 1$$

$$K_h = 1$$

Reemplazando en ecuación (39)

$$P_d = \frac{0.5 * 1}{1}$$

$$P_d = 0.5 \text{ HP}$$

2. Seleccionamos el paso de la cadena

Con la potencia de diseño, las rpm del motor y el tipo de lubricación seleccionamos en la figura 4-34 el número de dientes de la catalina.

Figura 4-34. Selección del número de dientes

No. of Teeth Small Splt.	Revolutions per Minute — Small Sprocket <sup>a</sup>												
	50	100	200	300	400	500	700	900	1000	1200	1400	1600	1800
	Horsepower Rating												
11	0.23	0.43	0.80	1.16	1.50	1.83	2.48	3.11	3.42	4.03	4.63	5.22	4.66
12	0.25	0.47	0.88	1.27	1.65	2.01	2.73	3.42	3.76	4.43	5.09	5.74	5.31
13	0.28	0.52	0.96	1.39	1.80	2.20	2.97	3.73	4.10	4.83	5.55	6.26	5.99
14	0.30	0.56	1.04	1.50	1.95	2.38	3.22	4.04	4.44	5.23	6.01	6.78	6.70
15	0.32	0.60	1.12	1.62	2.10	2.56	3.47	4.35	4.78	5.64	6.47	7.30	7.43
16	0.35	0.65	1.20	1.74	2.25	2.75	3.72	4.66	5.13	6.04	6.94	7.83	8.18
17	0.37	0.69	1.29	1.85	2.40	2.93	3.97	4.98	5.48	6.45	7.41	8.36	8.96
18	0.39	0.73	1.37	1.97	2.55	3.12	4.22	5.30	5.82	6.86	7.88	8.89	9.76
19	0.42	0.78	1.45	2.09	2.71	3.31	4.48	5.62	6.17	7.27	8.36	9.42	10.5
20	0.44	0.82	1.53	2.21	2.86	3.50	4.73	5.94	6.53	7.69	8.83	9.96	11.1
21	0.46	0.87	1.62	2.33	3.02	3.69	4.99	6.26	6.88	8.11	9.31	10.5	11.7
22	0.49	0.91	1.70	2.45	3.17	3.88	5.25	6.58	7.23	8.52	9.79	11.0	12.3
23	0.51	0.96	1.78	2.57	3.33	4.07	5.51	6.90	7.59	8.94	10.3	11.6	12.9
24	0.54	1.00	1.87	2.69	3.48	4.26	5.76	7.23	7.95	9.36	10.8	12.1	13.5
25	0.56	1.05	1.95	2.81	3.64	4.45	6.02	7.55	8.30	9.78	11.2	12.7	14.1
26	0.58	1.09	2.04	2.93	3.80	4.64	6.28	7.88	8.66	10.2	11.7	13.2	14.7
28	0.63	1.18	2.20	3.18	4.11	5.03	6.81	8.54	9.39	11.1	12.7	14.3	15.9
30	0.68	1.27	2.38	3.42	4.43	5.42	7.33	9.20	10.1	11.9	13.7	15.4	17.2
32	0.73	1.36	2.55	3.67	4.75	5.81	7.86	9.86	10.8	12.8	14.7	16.5	18.4
35	0.81	1.50	2.81	4.04	5.24	6.40	8.66	10.9	11.9	14.1	16.2	18.2	20.3
40	0.93	1.74	3.24	4.67	6.05	7.39	10.0	12.5	13.8	16.3	18.7	21.1	23.4
45	1.06	1.97	3.68	5.30	6.87	8.40	11.4	14.2	15.7	18.5	21.2	23.9	26.6
	Type A			Type B						Type C			

Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: Autores

Obtenemos  $Z_2 = 23$  dientes

3. Selección del número de dientes de la catalina mayor

Procedemos a calcular el número de dientes de la catalina mayor con ayuda de la ecuación:

$$Z_2 = i * Z_1 \quad (40)$$

$$23 = 0.718 * Z_1$$

$$Z_1 = 32$$

4. Calculo del número de eslabones y longitud de la cadena.

$$N_e = 2C + \frac{Z_2 + Z_1}{2} + \frac{(Z_2 - Z_1)^2}{4C\pi^2} \quad (41)$$



Donde:

$N_e$ : Número de eslabones de la cadena.

$C$ : Distancia entre centros de los ejes expresados en pasos.

$Z_1, Z_2$ : Números de dientes de los piñones.

Reemplazando en ecuación (41), tenemos:

$$N_e = (2 * 27) + \frac{23 + 32}{2} + \frac{(23 - 32)^2}{4 * 27 * \pi^2}$$

$$N_e = 80$$

5. Calculamos la longitud de la cadena

$$L_c = N_e * P \quad (42)$$

Reemplazamos en la ecuación

$$L_c = 80 * 0.5 \text{ in}$$

$$L_c = 1016 \text{ mm} / 2$$

$$L_c = 508 \text{ mm}$$

6. Calculo de la velocidad media de la cadena

$$V = Z_1 * P * \eta_1 \quad (43)$$

-

Donde:

$Z_1$ : Numero de dientes del piñón mayor

$\eta_1$ : Velocidad del piñón mayor

P= paso

$$V = 23 * 3.66 \frac{rad}{seg} * 12.7mm$$

$$V = 1069 \frac{mm}{seg} = 1.06 \frac{m}{seg} = 41.73 \frac{in}{seg}$$

7. Fuerza periférica

$$F = 6600 \frac{P_M * K_S}{V} \quad (44)$$

Donde:

F: Fuerza lbf

$P_M$ : Potencia del motor en HP

V: Velocidad en in/seg.

$$F = 6600 \frac{0.5 HP * 1}{41.73 \frac{in}{seg}}$$

$$F = 79.07 lbf$$

8. Fuerza de tensión de la cadena por hilera

Tabla 3-4. Fuerzas de tensión por hileras

Paso de la cadena [in]	Fuerza de tensión de la cadena [lbf]
¼	925
½	3700
5/8	6100
1	14500
1 ½	34000
2	58000
2 ½	95000
3	135000

Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: (OMAR POLO)

### 9. Factor de seguridad

$$N = \frac{\text{Fuerza de tensión}}{K_S * F} \quad (45)$$

$$N = \frac{\text{Fuerza de tensión}}{K_S * F}$$

$$N = \frac{3700 \text{ lbf}}{1 * 79.07 \text{ lbf}}$$

$$N = 46.79$$

Calculamos para la segunda transmisión del piñón de 23 y 26 dientes.

Reemplazando en la ecuación (40) tenemos:

$$23 = 1.13 * Z_1$$

$$Z_1 = 28$$

### 10. Cálculo del número de eslabones y longitud de la cadena

Reemplazando en ecuación (41)

$$N_e = (2 * 74.8) + \frac{23 + 26}{2} + \frac{(23 - 26)^2}{4 * 74.8 * \pi^2}$$

$$N_e = 174.10$$

11. Calculamos la longitud de la cadena

Reemplazando en ecuación (42)

$$L_{c2} = 174.10 * 0.5in$$

$$L_{c2} = 1290.3 \text{ mm} / 2$$

$$L_{c2} = 645.15 \text{ mm}$$

12. Cálculo de la velocidad media de la cadena

Reemplazando en ecuación (43)

$$V = 26 * 3.66 \frac{\text{rad}}{\text{seg}} * 12.7\text{mm}$$

$$V = 1208.55 \frac{\text{mm}}{\text{seg}} = 1.20 \frac{\text{m}}{\text{seg}} = 47.24 \frac{\text{in}}{\text{seg}}$$

13. Fuerza periférica

Según ecuación (44):

$$F = 6600 \frac{0.5 \text{ HP} * 1}{47.24 \frac{\text{in}}{\text{seg}}}$$

$$F = 69.85 \text{ lbf}$$

14. Fuerza de tensión de la cadena por hilera

Con ayuda de la (tabla 3-4) obtenemos la fuerza de tensión = 3700 lbf

15. Factor de seguridad

$$N = \frac{\text{Fuerza de tensión}}{K_S * F}$$

$$N = \frac{3700 \text{ lbf}}{1 * 69.85 \text{ lbf}}$$

$$N = 52.97$$

16. Calculo del número de eslabones y longitud de la cadena

Aplicando ecuación (41)

$$N_e = (2 * 43.30) + \frac{32 + 26}{2} + \frac{(32 - 26)^2}{4 * 43.30 * \pi^2}$$

$$N_e = 116.60$$

17. Calculamos la longitud de la cadena

Con la ecuación (42) tenemos:

$$L_{c3} = 116.60 * 0.5in$$

$$L_{c3} = 1480.93mm / 2$$

$$L_{c3} = 740.40 \text{ mm}$$

Longitud total de cadena de la primera transmisión de movimiento de módulo 1

$$L_{cT} = L_{c1} + L_{c2} + L_{c3}$$

$$L_{cT} = 508 + 645.15 + 740.40$$

Longitud total de cadena transmisión 1

$$L_{cT} = 1893.55mm$$

Calculo de transmisión de cadena 2

Reemplazando en ecuación (40)

$$26 = 1.07 * Z_1$$

$$Z_1 = 28$$

18. Calculo del número de eslabones y longitud de la cadena

En ecuación (41)

$$N_e = (2 * 63) + \frac{28 + 26}{2} + \frac{(28 - 26)^2}{4 * 63 * \pi^2}$$

$$N_e = 153$$

19. Calculamos la longitud de la cadena

Según ecuación (42)

$$L_c = 153 * 0.5in$$

$$L_c = 1943.13 mm$$

20. Cálculo de la velocidad media de la cadena

Con ecuación (43)

$$V = 28 * 3.66 \frac{rad}{seg} * 12.7mm$$

$$V = 1301.49 \frac{mm}{seg} = 1.30 \frac{m}{seg} = 51.18 \frac{in}{seg}$$

21. Fuerza periférica

Según ecuación (44)

$$F = 6600 \frac{0.5 \text{ HP} * 1}{51.18 \frac{in}{seg}}$$

$$F = 64.47 \text{ lbf}$$

22. Fuerza de tensión de la cadena por hilera

En la tabla (28) encontramos el valor 3700 lbf

23. Factor de seguridad

Reemplazamos en ecuación (45)

$$N = \frac{3700 \text{ lbf}}{1 * 64.47 \text{ lbf}}$$

$$N = 57.45$$

#### 4.8 Seleccionamos las chumaceras

Las chumaceras es una combinación de rodamientos de bolas radiales, retenes, y un alojamiento de fundición calidad o de acero estampado, son fabricados de distintas geometrías para ser utilizados en distintos tipos de conexiones. Para la selección de rodamientos se debe tener en cuenta la velocidad de giro del eje, por esta razón se debe calcular la sollicitación estático cuando el rodamiento se encuentra en reposo. (GONZÁLEZ, 2016)

Para un rodamiento de bolas:

$$R_A = \sqrt{R_{Axy}^2 + R_{Axz}^2}$$

$$R_A = \sqrt{149.32^2 + 15.02^2}$$

$$R_A = 150.07 \text{ N}$$

$$R_B = \sqrt{R_{Bxy}^2 + R_{Bxz}^2}$$

$$R_B = \sqrt{571.02^2 + 15.02^2}$$

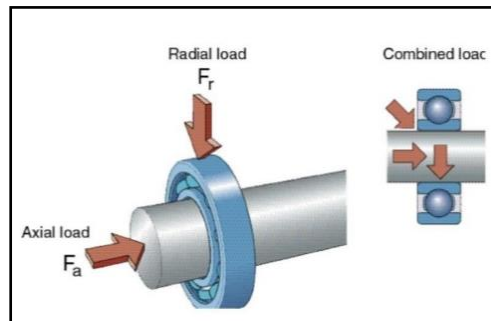
$$R_B = 571.21 \text{ N}$$

$$F_r = \sqrt{150.07^2 + 571.21^2}$$

$$F_r = 590.59 \text{ N}$$

En la figura 4-35 se observa las direcciones de las cargas a las que está sometido el rodamiento.

Figura 4-35. Representación carga radial - carga axial



Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: (ESTUARDO, 2016)

Fa= fuerza Axial. [N] = 0

Fr= fuerza Radial. [N] = Po = 590.59 [N]

Con ayuda del catálogo rodamientos FAC tipo S

Encontramos:

$$C = 19.3 \text{ [kN]}$$

$$C_0 = 11.2 \text{ [kN]}$$



#### 4.8.1 *Análisis caso estático*

$$(C_{cal})_0 = f_s * P_o \quad (42)$$

$(C_{cal})_0$  = capacidad de carga estatica. [N]

$f_s$  = factor de esfuerzos estaticos = 1.5 (ver Anexo O)

$P_o$  = carga estatica equivalente [N]

Reemplazando en ecuación (33):

$$(C_{cal})_0 = (1.5) * (590.59N)$$

$$(C_{cal})_0 = 885.88 N$$

#### 4.8.2 *Análisis caso dinámico*

Partimos de la siguiente ecuación:

$$C_{cal} = \frac{f_l}{f_n} * P \quad (43)$$

C = capacidad de carga calculada

$L_h$  = 3000 horas

$f_l$  = factor de esfuerzos dinamicos (ver Anexo P)

$f_l$  = 1.82

$f_n$  = factor de velocidad

Con ayuda de la velocidad angular a la que gira el eje, obtenemos el factor de velocidad (ver Anexo Q)

$$n = 46 \text{ RPM}$$

$$f_n = 0.898$$

Reemplazamos valores en ecuación (34):

$$C_{cal} = \frac{1.82}{0.898} (590.59 N)$$

$$C_{cal} = 1196.96 [N]$$

Cómo:

$$(C_{cal})_o \leq C_o \quad 885.88 N < 11.2 [kN]$$

$$C_{cal} \leq C \quad 1196.96 [N] < 19.3 [kN]$$

Cumple con la condición, seleccionamos las chumaceras UCP 206 -30.

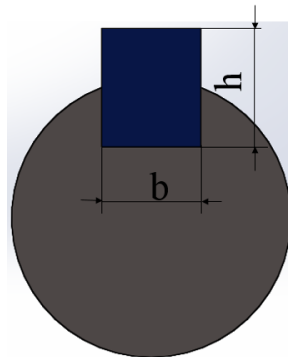
#### 4.9 Diseño de chaveta para el eje de transmisión

Para el diseño de la chaveta se utiliza un acero inoxidable 304:

La condición primordial que se debe cumplir es:  $H_{chaveta} = H_{chavetero}$

La chaveta seleccionada es paralela, presenta la geometría que se observa en la figura 4-36.

Figura 4-36. Geometría de la chaveta



Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: Autores

Donde:

$h$  = Altura de la chaveta

$b$  = Ancho de la chaveta

$$\text{El } S_y \text{ de acero inoxidable} = 21 \frac{kg}{mm^2} = 206 [MPa]$$

Seleccionamos la chaveta a utilizar con la medida del diámetro del eje = 1 ¼ in, se observa en el anexo R.

La chaveta seleccionada presenta sección cuadrada con las siguientes medidas:

b = 5/16 in y h = 5/16 in.

Procedemos a calcular la fuerza F que se produce en la superficie del eje.

$$F = \frac{T}{r} \quad (44)$$

$$F = \frac{19.142 \text{ N.m}}{0.015 \text{ m}}$$

$$F = 1276.13 \text{ N}$$

$$M_T = 19.142 \text{ N.m}$$

Según la teoría de la energía de la distorsión, la resistencia a corte es:

$$\tau_{corte \ tab} = \frac{0.5 * S_y}{n} \quad (45)$$

Consideramos un factor de seguridad de n = 3, reemplazamos en la ecuación (36)

$$\tau_{corte \ tab} = \frac{0.5 * 206 \text{ [MPa]}}{3}$$
$$\tau_{corte \ tab} = 34.33 \text{ MPa}$$

#### 4.9.1 *Diseño por esfuerzos cortantes*

Partimos de la siguiente ecuación:

$$M_T = \frac{\tau_{corte \ tab} * b * L * d}{2} \quad (46)$$

Despejando y reemplazando en la ecuación (37) tenemos:

$$L = \frac{2 * 19.142 \text{ N.m}}{34.33 \text{ MPa} * 0.00793 * 0.03175}$$

$$L = 4.42 \text{ mm}$$

#### 4.9.2 *Diseño para esfuerzos por aplastamiento*

Partimos de la siguiente ecuación:

$$M_T = \frac{\tau_a * h * L * d}{4} \quad (47)$$

$$\tau_a = \frac{S_y}{n}$$

$$\tau_a = \frac{206 \text{ MPa}}{3}$$

$$\tau_a = 68.66 \text{ MPa}$$

Despejando y reemplazando tenemos:

$$L = \frac{4 * 19.142}{68.66 * 0.00793 * 0.03175}$$

$$L = 4.42 \text{ mm}$$

Por las longitudes obtenidas tanto por esfuerzos de aplastamiento y esfuerzos cortantes, consideramos aumentar la longitud de la chaveta a 50 mm.

#### 4.10 **Diseño de la estructura de la máquina**

El diseño de la estructura de la máquina clasificadora de tomate riñón tiene la función de soportar y resistir todos los elementos que conforman los distintos sistemas que la constituyen los cuales son:

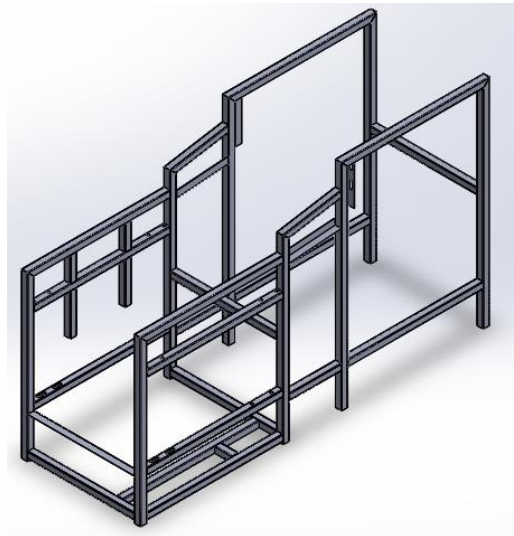
- Sistema de alimentación y recolección producto clasificado
- Sistema estructural
- Sistema modular
- Sistema motriz

- Sistema eléctrico

#### 4.10.1 *Características geométricas de la estructura*

La estructura está construida de tubo cuadrado acero A36 de 40x40x2 mm, está dividida en dos partes en las cuales la parte 1: formada por la tolva de alimentación, la base del motor reductor y el módulo 1 de clasificación, y la parte 2: constituida por los módulos 2 y 3 de clasificación como se observa en la figura 4-37.

Figura 4-37. Estructura parte 1



Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: Autores

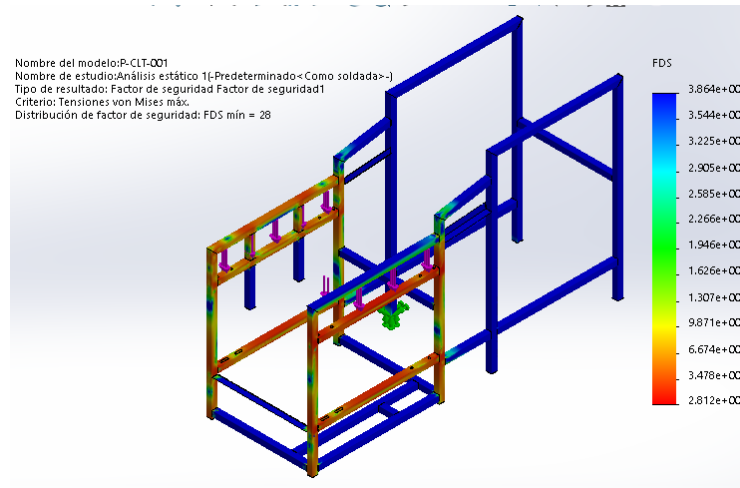
#### 4.10.2 *Análisis de resistencia de la estructura mediante SOLIDWORKS*

Estructura parte 1

Procedemos a realizar un análisis estático con ayuda del SOLIDWORKS 2016, el cual simula y se verifica si resiste a las cargas que actúan en la estructura las cuales son las siguientes:

- Peso del motor reductor = 6.3 Kg
- Peso de la estructura y elementos que conforman la máquina como son: piñones chumaceras, rodillos, elementos de transmisión= 250 kg

Figura 4-38. Cargas que actúan en la estructura parte 1

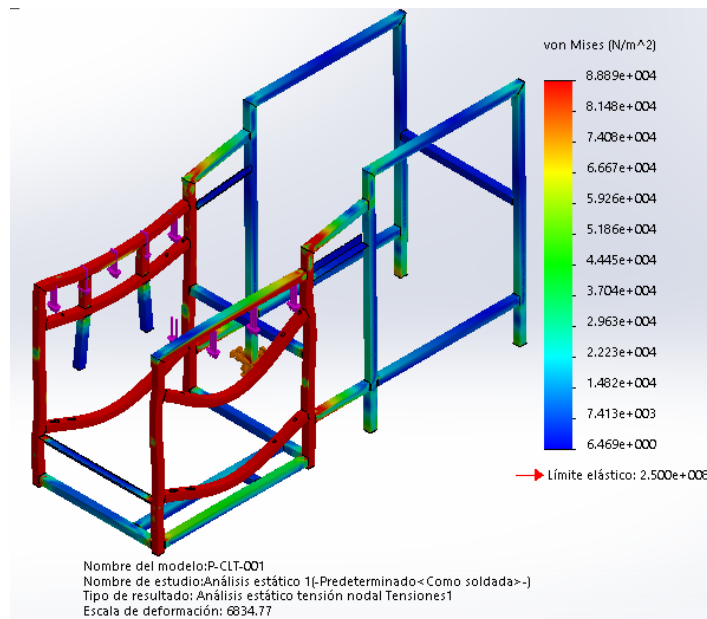


Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: Autores

Ejecutamos el programa, tenemos el siguiente resultado:

Figura 4-39. Simulación de resistencia

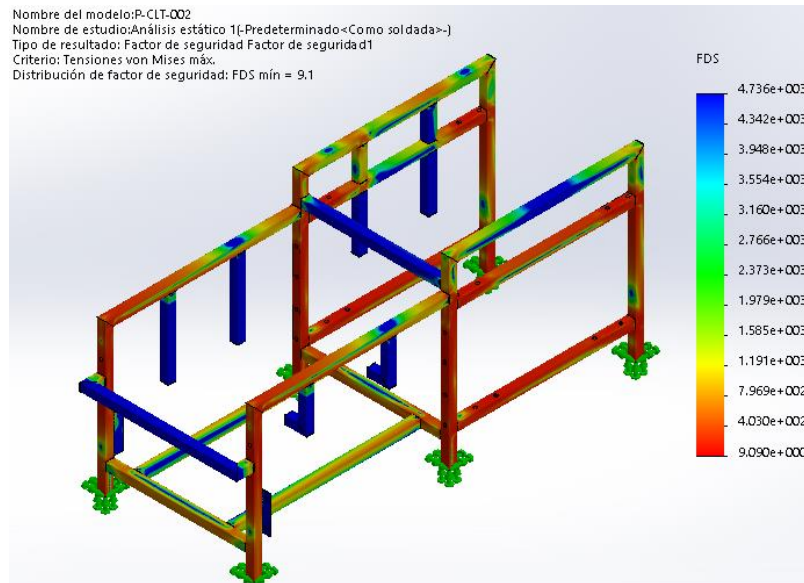


Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: Autores

Análisis de la estructura parte 2

Figura 4-40. Estructura parte 2

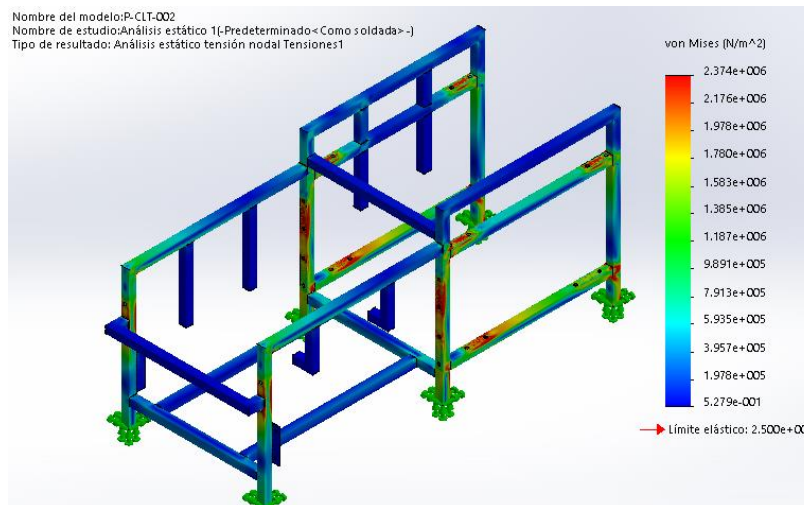


Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: Autores

Como resultado tenemos:

Figura 4-41. Simulación de resistencia



Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: Autores

## **CAPÍTULO 5**

### **5 CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DE LA MÁQUINA CLASIFICADORA DE TOMATE RIÑÓN - VARIEDAD DANIELA**

#### **5.1 Máquinas y herramientas**

Las herramientas que se utilizaron durante el proceso de construcción de la máquina clasificadora de tomate riñón son las siguientes:

- Torno
- Fresadora
- Prensa de banco
- Flexómetro
- Soldadora Eléctrica
- Amoladora
- Taladro de mano
- Taladro de pedestal
- Calibrador pie de rey
- Cuchilla para torno
- Entenalla
- Escuadra
- Pulidora
- Destornilladores
- Limas
- Llaves
- Brocas
- Machuelo

#### **5.2 Materiales utilizados para la construcción**

Los materiales que fueron utilizados para la fabricación de la máquina clasificadora de tomate riñón se detalla en la tabla 5-1, los mismos que fueron escogidos tomando en



cuenta las normas de manipulación de alimentos en forma particular las partes que están en contacto con el tomate, y según el resultado ergonómico entre máquina y operador.

Tabla 5-1. Materiales para la construcción

Unidad	DESCRIPCIÓN
1	Eje sólido AISI 304 1 1/4" - Acero/ Inoxidable – ASSAB de 3m
10	Varillas sólidas SAE 1018 5/16" - Acero/transmisión – ASSAB de 6m
5	Tubo cuadrado acero A36 de40x40x2 mm de 6m
12	Chumaceras - KDF UCP 236 (30mm) -
190	Rodamientos 607 2RS - Roda/Rígido/Boras - HCH
1	Angulo AISI 304 40x6mm- Acero inoxidable – ASSAB de 4m
2	Libras de electrodos E308L
7	Tubería PVC diámetro 3/4 in de 6m
3	Varilla solida SAE 1018 7/16" - Acero/transmisión – ASSAB de 6m
1	Eje sólida SAE 1018 1in de longitud 20cm
1	Eje solido AISI 304 1 in - Acero inoxidable – ASSAB de 6m
3	Tubería PVC diámetro 1 in de 6m
14	Chumaceras de piso DCP 204 - 12 (3/4")
1	Plancha de acero SAE 1018 de 500x500x25 mm
1	Piñón NK 40B-26T - CHALLENGE
1	Eje solido de 50mm de diámetro SAE 1018
1	Piñón NK40B-23T - CHALLENGE
1	Piñón NK40B-28T - CHALLENGE
1	Piñón NK40B-32T (5,38") - CHALLENGE
16	Pernos 9/16 X 3 1/2 armado doble tuerca doble presión
2	Piñón NK40B 14T (2,49")- CHALLENGE
1	NYLON 50 X 20 mm GSA BLANCO Nylon NITAPLAST
1	Plancha acero SAE 1018 15x 20 e= 15 mm
3	Cable C - metros
20	Arandela plana 3/4
20	Arandela de presión 3/4
20	Tuerca acero 3/4
2	Plancha acero inoxidable 4X8 304-2B 1.2 mm
1	Plancha acero inoxidable 4X8 304-2B 1 mm
1	Cadena de carga longitud= 20 mm (Ver Anexo F)
1	Cadena de carga longitud= 21.3 mm (Ver Anexo F)
1	Cadena de carga longitud= 16 mm (Ver Anexo F)
2	Cadena de transmisión 040,10 (1/2") - KANA

Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: Autores

### 5.3 Elementos de construcción

Todos los elementos que conforman la máquina clasificadora de tomate riñón – variedad Daniela son detallados en la tabla 5-2 con sus respectivas características:

Tabla 5-2. Elementos de la máquina clasificadora de tomate riñón

Sistema	Elemento	Cantidad	Material
Sistema de alimentación y recolección producto clasificado	Tolva de alimentación	1	Plancha acero inoxidable AISI 304 e= 1.2 mm
	Tubo soporte	3	Tubo cuadrado acero A36 de 40x40x2 mm
	Tubo Nylon	1	Nylon 50 x 20 mm NITAPLAST
	Escobillas	1	Plástico
	Chumaceras de piso	2	Normalizada
	Bandeja módulo 1	1	Plancha acero inoxidable AISI 304 e= 1.2 mm
	Bandeja módulo 2	1	Plancha acero inoxidable AISI 304 e= 1.2 mm
	Bandeja módulo 3	1	Plancha acero inoxidable AISI 304 e= 1.2 mm
Sistema estructural	Estructura	4	Tubo cuadrado acero A36 de 40x40x2 mm
	Placa base del motor reductor	1	Plancha acero SAE 1018 e= 15 mm
	Protector de cadenas	1	Plancha acero inoxidable AISI 304 e= 1.2 mm
	Cubierta del motor	1	Plancha acero inoxidable AISI 304 e= 1.2 mm
	Pernos soporte del motor reductor	4	Normalizado
	Cubierta de la estructura parte exterior	1	Plancha acero inoxidable AISI 304 e= 1 mm
	Tornillo acoplado a la placa base	1	Eje solido SAE 1018 1in

Tabla 5-2. Continuación

Sistema modular	Piñones	12	Acero SAE 1018
	Chumaceras de piso	12	Normalizada
	Tubo módulo 1	33	PVC diámetro= 1 in
	Tubo módulo 2 y 3	66	PVC diámetro= 3/4 in
	Tubo < 40 mm	4	PVC diámetro= 3/4
	Rodillos	103	Varillas solidas SAE 1018 5/16" - Acero/transmisión – ASSAB
	Ejes principales	3	Eje solido AISI 304 1 1/4" - Acero/Inoxidable
	Ejes secundarios de arrastre	10	Eje solido AISI 304 1 Acero/ Inoxidable
	Cadenas módulo 1	1	Normalizado
	Cadena Módulo 2	1	Normalizado
	Cadena Módulo 3	1	Normalizado
Sistema motriz	Catalinas	7	Normalizado
	Eje	1	Eje solido SAE 1018 1in
	Motor	1	Normalizado
	Cadena	2	Cadena de transmisión 040,10 (1/2") - KANA

Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: Autores

### 5.3.1 *Tiempo de construcción para cada sistema*

A continuación se detalla los elementos que forman parte de cada sistema con su respectivo tiempo que se demoró cada operación, se indica en la tabla 5-3.

Tabla 5-3. Tiempos de construcción

Sistema	Elemento	Nº	Operaciones	Tiempo (h)
<b>Sistema de alimentación y recolección producto clasificado</b>	<b>Tolva de alimentación</b>	1	Toma de medidas y trazado	1
		2	Corte	1
		3	Pre soldado	1
		4	Escuadrado	0.5
		5	Soldado	2
		6	Perforado	0.5
		7	Pulido	0.5
	<b>Tubo soporte</b>	8	Toma de medidas	0.5
		9	Corte	0.25
		10	Soldado	0.5
		11	Pulido	0.5
	<b>Tubo nylon</b>	12	Toma de medidas	0.2
		13	Corte	0.2
		14	Pulido	0.2
		15	Perforado	1
	<b>Escobillas</b>	16	Toma de medidas	0.2
		17	Prensado	1
	<b>Bandeja módulo 1</b>	18	Toma de medidas	0.3
		19	Corte	0.5
		20	Doblado	0.5
		21	Soldado	1
		22	Perforado	0.25
		23	Pulido	0.5
	<b>Bandeja módulo 2</b>	24	Toma de medidas	0.3
		25	Corte	0.5
		26	Doblado	1
		27	Soldado	1
		28	Perforado	0.25
		29	Pulido	0.5
	<b>Bandeja módulo 3</b>	30	Toma de medidas	0.3
		31	Corte	0.5
		32	Doblado	0.5
		33	Soldado	1
		34	Perforado	0.25
		35	Pulido	0.5
	<b>Bandeja recolección producto &lt; 40 mm diámetro</b>	36	Toma de medidas	0.3
		37	Corte	0.5
		38	Doblado	1
		39	Soldado	0.25
		40	Pulido	0.5

Tabla 5-3. Continuación

<b>Sistema estructural</b>	<b>Estructura</b>	41	Toma de medidas	3
		42	Corte	5
		43	Pre soldado	6
		44	Escuadrado	1
		45	Soldado	10
		46	Pulido	3
	<b>Placa base del motor reductor</b>	47	Toma de medidas	0,25
		48	Corte	0,5
		49	Perforado	1
	<b>Protector de cadenas</b>	50	Toma de medidas	1
		51	Corte	1
		52	Doblado	1
		53	Soldado	1
		54	Pulido	0,5
	<b>Cubierta del motor</b>	55	Toma de medidas	1
		56	Corte	1
		57	Doblado	1
		58	Soldado	1
		59	Pulido	0,5
<b>Sistema Modular</b>	<b>Piñones</b>	60	Toma de medidas	3
		61	Corte	5
		62	Torneado	6
		63	Fresado	24
		64	Perforado	2
		65	Canal para chavetas	4
	<b>Tubo módulo 1</b>	66	Toma de medidas	1.5
		67	Corte	1.5
		68	Rectificado en torno	2
	<b>Tubo módulo 2 y 3</b>	69	Toma de medidas	3
		70	Corte	1.5
		71	Rectificado en torno	2
	<b>Rodillos (ejes)</b>	72	Toma de medidas	3
		73	Corte	4
		74	Rectificado en torno	20
	<b>Ejes principales y secundarios de arrastre</b>	75	Toma de medidas	2
		76	Corte	6
77		Torneado	10	
<b>Total horas (h)</b>				162.5
<b>Total día (8 horas laborables)</b>				20

Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: Autores

#### 5.4 Montaje de la máquina clasificadora de tomate riñón - variedad Daniela

Detallamos en la tabla 5-4 el tiempo empleado y simbolizado cada proceso de montaje realizado en la etapa de construcción del sistema estructural, el mismo que nos servirá para desarrollar el flujograma de proceso a ensamblar la máquina.

Tabla 5-4. Montaje de elementos del sistema estructural

<b>Montaje del sistema estructural</b>		
<b>Operación</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Tiempo (h)</b>
Traslado de elemento al sitio de trabajo	M1	0.25
Montaje de la estructura	M2	0.30
Montaje de la base del motor	M3	0.30
Ajuste de pernos	M4	0.20
<b>TOTAL</b>		<b>1.05</b>

Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: Autores

En la tabla 5-5 analizamos el tiempo que se llevó en realizar las diferentes actividades en el sistema de alimentación y recolección del producto clasificado.

Tabla 5-5. Montaje del sistema de alimentación y recolección del producto

<b>Sistema de alimentación y recolección producto clasificado</b>		
<b>Operación</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Tiempo (h)</b>
Montaje de la tolva de alimentación.	M5	0,25
Montaje de las chumaceras para las escobillas.	M6	0,1
Ajuste de pernos.	M7	0,1
Montaje de las bandejas donde caen los tomates.	M8	0,25
Montaje del cordón.	M9	0,25
<b>SUBTOTAL</b>		<b>0,95</b>

Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: Autores

En la tabla 5-6 se cuantifica el tiempo que se invirtió en desarrollar el montaje de todos los elementos del sistema modular.

Tabla 5-6. Montaje del sistema modular

<b>Montaje del sistema modular</b>		
<b>Operación</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Tiempo (h)</b>
Montaje de los rodamientos en los varillas.	M10	2
Montaje de las varillas en los tubos de PVC.	M11	3
Ajuste tuerca contra tuerca.	M12	2
Montaje de las chumaceras.	M13	1
Montaje de los ejes principales y secundarios.	M14	1
Montaje de los piñones.	M15	2
Atornillar prisioneros.	M16	0.5
Montaje de los rodillos en la cadena de transporte de rodillos.	M17	3
<b>SUBTOTAL</b>		14.5

Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: Autores

En la tabla 5-7 se determina el tiempo que se llevó en desarrollar el montaje de todos los elementos del sistema motriz.

Tabla 5-7. Montaje del sistema motriz

<b>Montaje del sistema Motriz</b>		
<b>Operación</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Tiempo (h)</b>
Montaje del motor-reductor	M18	0.5
Montaje del eje principal en el motor reductor	M19	0.3
Montaje del sistema de transmisión (3 módulos)	M20	0.5
Montaje de los piñones (catalinas)	M21	0.4
Montaje de la cadena	M22	0.5
Regulación y templada de cadena	M23	0.2
Montaje de las chavetas	M24	0.2
Ajuste de prisioneros	M25	0.2
<b>SUBTOTAL</b>		2.8

Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: Autores



## 5.5 Flujograma de procesos del montaje de la máquina clasificadora de tomate riñón

A continuación se detalla el diagrama de flujo especificando el proceso de montaje de los diferentes elementos de la máquina clasificadora de tomate riñón variedad Daniela, con respecto a los sistemas que fueron especificados anteriormente los cuales nos indican resultados de tiempos y recursos. (PALLASCO, 2017)

Para ello utilizamos la siguiente nomenclatura:

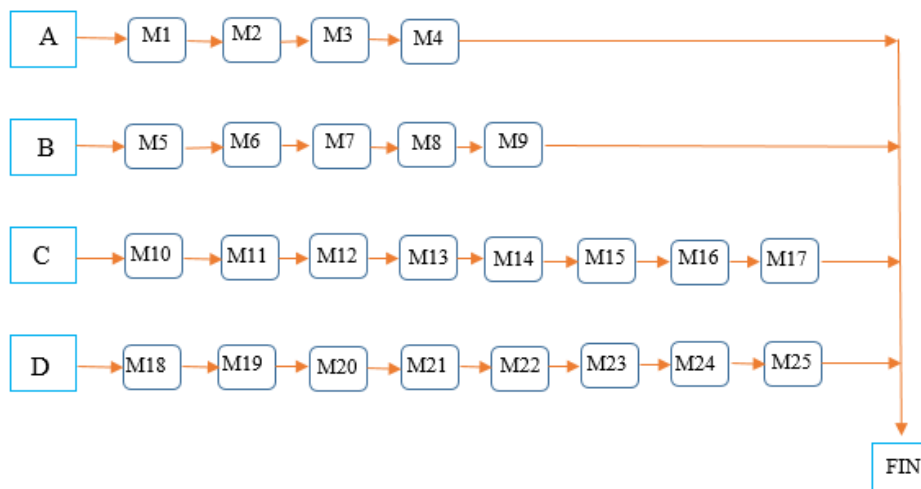
A: Montaje del sistema estructural.

B: Montaje del sistema de alimentación y recolección producto clasificado.

C: Montaje del sistema modular.

D: Montaje del sistema motriz.

Figura 5-1. Flujograma de procesos



Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: Autores

### 5.5.1 Resumen tiempo total de construcción

Se indica en la tabla la sumatoria del tiempo total empleado en todos los sistemas de montaje.

Tabla 5-8. Tiempo total empleado en la construcción de la máquina

Tiempo de montaje y construcción de la máquina clasificadora de tomate riñón variedad-Daniela	
Tiempo de construcción (días).	20
Tiempo total de construcción (h).	162.5
Tiempo de montaje (h).	19.3
Tiempo total de construcción de la máquina en días (8h laborables).	23

Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: Autores

## 5.6 Proceso de construcción de los componentes de la máquina clasificadora

### 5.6.1 Estructura

La estructura ayuda de soporte para todos los elementos de la máquina, está construida de tubo cuadrado de 40x40x1.5 mm de acero ASTM A36, está compuesta por dos partes las cuales la parte número 1 constituye la tolva de alimentación y los componentes del módulo 1, mientras que la parte 2 de la estructura está formada por el módulo 2, módulo 3 y el motor reductor.

Figura 5-2. Estructura parte 1



Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: Autores

La máquina se la diseñó para que sea desmontable y fácil de transportarla por tal razón se la dividió en dos: la estructura parte 1, será acoplada a la estructura 2 por medio de pernos y tuercas los mismos que ayudarán a que los dos elementos se mantengan unidos, esto sirve para que la máquina se mantenga estable y en equilibrio.

Figura 5-3. Estructura parte 2



Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: Autores

Procedemos a perforar los agujeros para los pernos donde van a estar ubicadas las chumaceras, placa base del motor.

Figura 5-4. Perforaciones para unir las dos partes de la estructura



Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: Autores

Figura 5-5. Perforaciones placa base del motor



Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: Autores

Para una mejor presentación se procedió a pintar la estructura, utilizando un fondo especial para que se adhiera la pintura al metal y su acabado sea especial, se observa en la figura 5-6.

Figura 5-6. Estructura pintada



Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: Autores

### 5.6.2 *Construcción de los rodillos de clasificación*

Módulo 1. Los rodillos están constituidos por 3 elementos: varilla solida de acero SAE 1018 de 5/16 in de diámetro, tubo de PVC de 1 in de diámetro y 2 rodamientos de bolas modelo 6000 ZZ, los cuales una vez ensamblados son ajustados con ayuda de sistema arandela tuerca y contra tuerca como se observa en la figura 5-7.

Figura 5-7. Rodillo de clasificación módulo 1



Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: Autores

Módulo 2 y 3. Constan de 3 elementos: varilla sólida de acero SAE 1018 de 5/16 in de diámetro, tubo de PVC de 3/4 in de diámetro y 2 rodamientos de bolas modelo 607 2RS, los mismos una vez ensamblados son ajustados con ayuda de sistema arandela tuerca y contra tuerca.

Figura 5-8. Rodillo de clasificación módulo 2 y 3



Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: Autores

### 5.6.3 *Construcción de los piñones*

Los piñones están fabricados de acero SAE 1018 según las características de la cadena particularmente del paso, cada módulo presenta cadenas de paso diferente; para su construcción partimos cortando la plancha de acero SAE 1018 de 500x500x25 a la medida aproximada del diámetro exterior antes calculado por medio de soldadura oxiacetilénica como se observa en la figura 5-9.

Figura 5-9. Esquema de corte por suelda oxiacetilénica

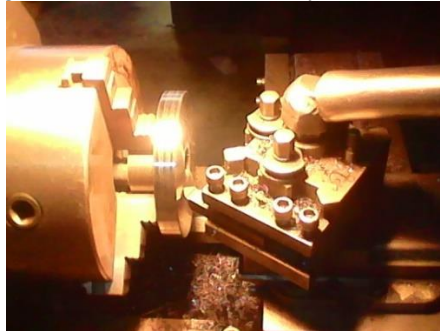


Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: Autores

Luego perforáramos el eje solido de acero SAE 1018 de 50mm de diámetro y le dejamos a la medida del diámetro del eje, para así obtener el cubo y poder soldar a la corona, después con ayuda del torno luego de realizar el proceso de refrentado y cilindrado obtenemos el diámetro primitivo deseado como se observa en la figura 5-10.

Figura 5-10. Desbaste con ayuda del torno



Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: Autores

Posteriormente procedemos a ubicar la pieza en la fresadora para después del proceso de fresado obtener el número de dientes requerido, como se observa en la figura 5-11.

Figura 5-11. Procedimiento de fresado



Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: Autores

El piñón terminado se observa en la figura 5-12.

Figura 5-12. Esquema piñón y cadena



Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: Autores

#### 5.6.4 *Construcción de ejes principales y secundarios*

Están contruidos de material acero inoxidable AISI 304, los que transmiten movimiento son de diámetro 1 ¼ in es decir los principales y los secundarios son de 1 in de diámetro, estos serán montados en las paredes de la estructura por chumaceras como se detalla en la figura 5-6.

#### 5.6.5 *Construcción de la tolva de alimentación*

La tolva de alimentación está construida en acero inoxidable AISI 304 con un espesor de 1.2 mm, montada sobre los soportes de la estructura por tornillos perforantes y remaches como se muestra en la figura 5-13.

Figura 5-13. Tolva de alimentación



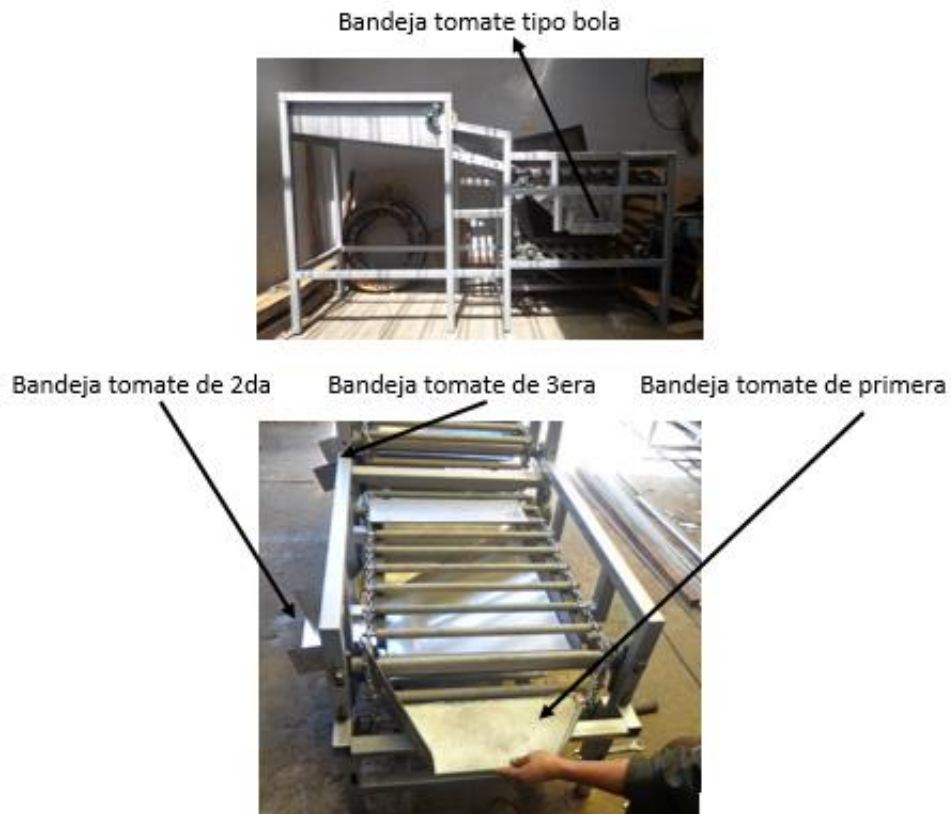
Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: Autores

### 5.6.6 *Construcción bandejas de recolección*

Son hechas de acero inoxidable AISI 304 de espesor 1.2 mm sujeta a la estructura específicamente a las bases donde estarán apoyados los rodillos de transporte de cadena ,por medio de tornillos perforantes con sistema tuerca ajuste, permitiendo que sea desmontable, se muestra en la figura 5-14.

Figura 5-14. Bandejas de recolección



Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

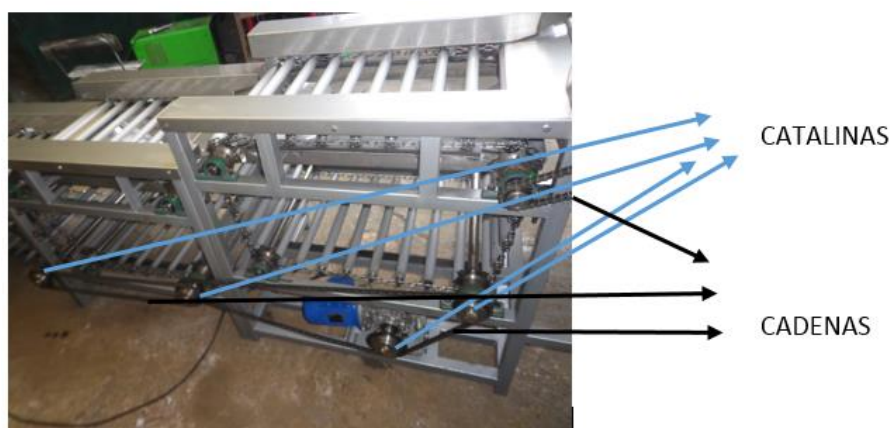
Fuente: Autores

### 5.6.7 *Montaje del sistema motriz*

Este sistema consta de un motor reductor acoplado internamente por medio de un sistema de transmisión por cadena-catalina transmitirá potencia a los ejes principales de cada módulo como se muestra en la figura 5-15.



Figura 5-15. Esquema transmisión de movimiento



Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: Autores

### 5.6.8 *Montaje de las escobillas*

Está constituida por un eje principal el que transmite movimiento rotacional gracias a la generación del eje donador del módulo 1, el mismo que permite que rote las escobillas limpiando al tomate al momento de descender por la tolva de alimentación.

Figura 5-16. Montaje de las escobillas de limpieza



Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: Autores

### 5.6.9 *Forrada de elementos que tiene contacto con el tomate*

Se forra la máquina especialmente aquella parte que está en contacto con el tomate con plancha de acero inoxidable AISI 304, como se muestra en la figura 5-17.

Figura 5-17. Estructura forrada



Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: Autores

### 5.6.10 *Ensamble de todos los sistemas*

Luego de ensamblar todos los elementos nos da como resultado la máquina clasificadora de tomate riñón- variedad Daniela.

Figura 5-18. Máquina clasificadora de tomate riñón- variedad Daniela



Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: Autores

## CAPÍTULO VI

### 6 MANUAL DE OPERACIONES, MANTENIMIENTO Y ESTUDIO DE COSTOS DE LA MÁQUINA CLASIFICADORA DE TOMATE RIÑÓN VARIEDAD-DANIELA

#### 6.1 Manual de operación de la máquina

El manual de la máquina ayudará al operario a un manejo adecuado, paso a paso con las diferentes especificaciones para que sea la labor de una manera segura sin sufrir algún tipo de accidente en el encendido y durante el tiempo que esté en marcha la clasificadora de tomate riñón.

##### 6.1.1 *Vista general de la máquina clasificadora de tomate riñón*

Figura 6-1. Partes generales de la máquina

	- TOLVA DE ALIMENTACIÓN
	- MÓDULOS DE CLASIFICACIÓN
	- BANDEJAS DE RECOLECCIÓN DE TOMATE CLASIFICADO.



Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: Autores

### 6.1.2 *Características generales de la máquina clasificadora de tomate riñón*

Tabla 6-1. Características principales de la máquina

<b>MÁQUINA CLASIFICADORA DE TOMATE RIÑÓN</b>	
Características Generales	Dimensiones de las partes de la máquina. Alto hasta la tolva de alimentación 1,15m Largo: 4m Ancho: 0.75m Materiales de construcción.
	Estructura base.
	Tubo cuadrado de 40X40x1.5mm de acero A36
	Angulo de 40x2mm de acero A6
	Soporte tubo de clasificación: Angulo de 50x2mm de Acero
	Inoxidable AISI 304
	Tubos de clasificación
	Tubos plásticos de 3/4 y 1 in.
	Ejes de soporte de clasificación: varilla lisa SAE 1018
Tolvas de alimentación y clasificación: acero inoxidable 304	
Cadenas de arrastre de tubos de clasificación: galvanizada	
Capacidad de clasificación: 80 catones de (23kg/h).	
Motor Reductor: trifásico de 1/2hp	

Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: Autores

### 6.1.3 *Requisitos para puesta en marcha de la máquina*

Para poner en marcha la máquina se debe hacer lo siguiente:

- Alinear correctamente la máquina en un piso nivelado
- Conectar a energía eléctrica en motor trifásico
- Apilar el producto muy cerca de la tolva de alimentación

### 6.1.4 *Instrucciones de operación de la máquina*

Es una serie de procedimientos que debe ajustarse el patrocinador u operario quién va a poner en marcha la máquina para su correcto clasificado del tomate riñón.

### 6.1.5 *Puesto en marcha la máquina*

En la figura 6-2 se muestra como tensar la cadena para que no salte lo cual se realiza con el motor que da movimiento a la cadena de transmisión.

Figura 6-2. Tensor de cadena



Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: Autores

### 6.1.6 *Pasos a seguir para el clasificado del tomate riñón*

- Ubicar cerca de la tolva de alimentación el tomate Riñón a clasificar.
- Colocar los cartones en las salidas de las bandejas de clasificación.
- Encender la máquina clasificadora.
- Alimentar la tolva con los tomates a clasificar.

## 6.2 Manual de mantenimiento de la clasificadora de tomate riñón

La máquina clasificadora de tomate riñón, debido a sus diferentes partes que están en movimiento y con el pasar del tiempo, su funcionamiento sufren desgaste debido al roce que se produce entre las diferentes partes en contacto debe realizar un correcto plan de mantenimiento.

Se debe realizar la engrasada de chumaceras de acuerdo a lo establecido por el fabricante o de acuerdo a las horas de funcionamiento.

Cambio de rodamientos de los tubos de clasificación cuando hayan cumplido con las horas de trabajo.

### 6.2.1 Guía de mantenimiento

Tabla 6-2. Elementos que necesitan mantenimiento

Plan de mantenimiento preventivo de la máquina clasificadora de tomate Riñón					
Sección	Nº	Actividad	Recurso	Herramientas e insumos	Frecuencia
Sistema de transmisión de movimiento	1	Tensión	1 Persona	Llaves	Mensual
Bandejas	2	Limpieza	1 Persona	Desinfectante, Franelas	Diario
Cadenas	3	Lubricación	1 Persona	Aceite/ Grasa	De acuerdo a Catalogo
Chumaceras	4	Lubricación	1 Persona	Aceite/ Grasa	Horas de trabajo de acuerdo al catalogo
Ejes	5	Alineación	2 Personas	Instrumentos de alineación	Semestral.
Estructura	6	Limpieza	1 Persona	Desinfectante, Franelas	Diario
Motor	7	Revisión y Reajuste	1 Eléctrico	Instrumentos y Llaves	Semanal
Escobilla de limpieza	8	Limpieza	1 Persona	Desinfectante, Franelas	Semanal

Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: Autores

## 6.3 Riesgos y medidas preventivas

Con la finalidad de que el operario de la máquina clasificadora de tomate riñón no pueda sufrir determinados riesgos o accidentes al poner en marcha la máquina, para lo cual se detalla a continuación.

### 6.3.1 *Riesgos físicos*

Estos riesgos están determinados donde existe la manipulación de máquinas y herramientas, además la intervención de superficies de trabajo, ruido vibraciones, electricidad, iluminación entre otras, debidos a estos los riegos físicos se clasifican en riesgos mecánicos y no mecánicos.

#### 6.3.1.1 *Riegos físicos mecánicos*

Este riesgo es eminente en la máquina clasificadora en la parte de la transmisión de movimiento entre las catalinas y las cadenas, las cadenas de arrastre de los rodillos de clasificación y en los tubos de clasificación para lo cual hay que tener mucho cuidado en la operación.

Figura 6-3. Riesgo de atrapamiento



Fuente: <http://factoresderiesgosst.blogspot.com/p/riesgos-macanicos.html>

No tocar las partes de la transmisión de movimiento de cadenas en caso de que este sin protección.

Figura 6-4. Transmisión de movimiento



Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: Autores

El riesgo físico existe en la parte de los tubos de clasificación.

Figura 6-5. Tubos de clasificación



Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: Autores

Otro riesgo físico que pudiera suceder es en las partes de las cadenas de arrastre de los tubos de clasificación.

Figura 6-6. Cadenas de arrastre



Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: Autores

### 6.3.1.2 *Riesgos físicos no mecánicos*

Este tipo de riesgo en la máquina clasificadora de tomate riñón son casi imperceptibles debido a que no produce ruido o vibración entre sus elementos que produzcan daño alguno.

### 6.3.2 *Riesgo eléctrico*

Uno de los posibles riesgos que es eminentemente visible es al momento de instalación de los cables eléctricos a motor de la máquina.





Figura 6-7. Ubicación motor reductor

Fuente: Autores

## 6.4 Análisis de costos de la máquina clasificadora de tomate riñón

A continuación detallamos todos los gastos necesarios para la construcción de la máquina clasificadora de tomate riñón-variedad Daniela, que han sido divididos en costos directos y costos indirectos.

### 6.4.1 Costos directos

Son aquellos gastos que intervienen de manera directa para la fabricación de la máquina clasificadora de tomate riñón-variedad Daniela estos son materia prima, mano de obra, máquinas herramientas y transporte.

#### 6.4.1.1 Costos de materia prima

Tabla 6-3. Costos de materia prima

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	PRECIO UNITARIO (USD)	CANTIDAD	TOTAL (USD)
AISI 304 1 1/4" - Acero/ Inoxidable - ASSAB	Kg	5,7	37,88	215,92
1-SAE 1018 5/16" - Acero/transmisión - ASSAB	Kg	1,97	21,6	42,55
UCP 236 (30mm) - Chumaceras - KDF	U	13,16	8	105,28
607 2RS - Roda/Rigido/Boras - HCH	U	0,48	190	91,2
ANGULO AISI 304 40x6mm- Acero inoxidable - ASSAB	Kg	157,89	0,17	26,84
TUBERÍA PVC R	U	0,35	46	16,1
UNC 1/4 X 1/2 - Terrañas - FKC	U	3,6	4	14,4
1 SAE 1018 7/16" - Acero/Transmisión - ASSAB	Kg	1,89	15,3	28,92
1 SAE 1018 7/16" - Acero/Transmisión - ASSAB	Kg	1,89	3,74	7,07
1 - AISI 304 1" - Acero Inoxidable - ASSAB	Kg	5,25	25,22	132,41
Tubería PVC R	U	0,66	18	11,88

Tabla 6-3. Continuación

DCP 204 - 12 (3/4")- Chumaceras - CMB	U	4,39	16	70,24
Cadena 040,10 (1/2") - Cadena/Transmision - KANA	U	17,11	1	17,11
NK408-16T (2,80")-Piñones - CHALLENGE	U	7,02	3	21,06
MTRED 0.50 HP Triásico 35 RPM ortogonal- Motores/Eléctricos-SI	U	324,56	1	324,56
SOLADADURA OK 61,30 2.00X300mm E308L Soldadura ESSAB	Kg	14,91	0,8	11,93
4-760 (1045) 8x8mm Acero/Carbono/Maquinaria-ASSAB	Kg	7,02	0,36	2,53
TC C 1 1/2 X 1.5 MM	U	11,13	5	55,65
AL 1 1/2 X 1/8 MM	U	8,98	2	17,96
NK40B-23T Piñones- CHALLENGE	U	10,53	1	10,53
NK40B-28T Piñones- CHALLENGE	U	13,16	1	13,16
NK40B-32T (5,38")-Piñones- CHALLENGE	U	21,05	1	21,05
UCP 206 (30mm) - Chumaceras - KDF	U	13,16	4	52,64
CADENA 040,10 (1/2") - Cadena/Transmisión - KANA	U	17,11	1	17,11
Pernos 9/16 X 3 1/2 armado doble tuerca doble presión	U	2,67	4	10,7
NK 40B 25T Piñones CHALLENGE	U	16,07	1	16,07
NK40B 14T (2,49")- Piñones- CHALLENGE	U	5,8	2	11,6
LICP 204-12 (3/4") Chumaceras CMB	U	4,42	2	8,84
NYLON 50 X 20 mm GSA BLANCO Nylon NITAPLAST	Kg	14,29	1,33	19,01
Eslabón 040,10 (1/2") Unión de cadena DAM	U	0,45	2	0,9
Cable C	U	3,15	5	15,75
Arandela plana 3/4	U	0,107	2	0,21
Arandela de presión	U	0,107	2	0,21
Tuerca acero 3/4	U	0,315	2	0,63
Plancha acero inoxidable 4X8 304-2B 1.2 mm	U	97,24	2	194,48
Corte guillotina manual	U	0,01	1	0,01
Servicio de dobles plancha acero inoxidable	U	0,01	1	0,01
Plancha acero inoxidable 4X8 304-2B 1.0mm	U	81,04	1	81,04
Plancha acero inoxidable 4x8 304 1.2mm		90,45	2	180,90
Variador de velocidades de monofásico a trifásico		250,67	1	250,67
			<b>SUBTOTAL</b>	2118,06

Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: Autores

#### 6.4.1.2 Costos por mano de obra

Tabla 6-4. Costos por mano de obra

<b>Detalle</b>	<b>Número de horas</b>	<b>Costo x hora (dólares)</b>	<b>Total (Dólares)</b>
Tornero	40	7	280
Fresador	25	14	350

Mecánico general	25	5	125
Soldador	25	13	325
Cortador	3	5	15
Doblador	5	5	25
Ayudante	20	5	100
		<b>Subtotal</b>	<b>1220</b>

Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: Autores

#### 6.4.1.3 *Costos por máquinas herramientas*

Tabla 6-5. Costos máquinas herramientas

<b>Horas equipo</b>	<b>Componente</b>	<b>Costo hora</b>	<b>Costo (Dólares)</b>
40	Torno	1.40	56
25	Soldadora	4.25	106.25
25	Fresadora	1.45	36.25
2	Taladro de pedestal	1.80	3.60
3	Prensa de banco	0.70	2.1
10	Esmeril	1	10
20	Amoladora	1.10	22
3	Cortadora	1.15	3.45
5	Dobladora manual	1.60	8
2	Machuelos	0.80	1.6
15	Juego de llaves	0.7	10.5
		<b>Subtotal</b>	<b>256.75</b>

Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: Autores

#### 6.4.1.4 *Costo directo total*

Obtenemos con la sumatoria de todos los costos como son materia prima, mano de obra, máquinas herramientas y costo de transporte.

Tabla 6-6. Costo directo total

<b>Especificación</b>	<b>Valor (Dólares)</b>
Costo de materia prima.	2118.06
Costo de mano de obra.	1220
Costo de máquinas herramientas.	256.75
Costo de transporte.	100
<b>Total costos directos.</b>	<b>3694.81</b>

Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: Autores

#### 6.4.2 *Costos indirectos*

Son aquellos que se refieren a los costos ingenieriles que están relacionados a la supervisión, diseño y fabricación de la máquina clasificadora de tomate, se detalla este rubro en la tabla 6-7.

Tabla 6-7. Costos indirectos

<b>Costos ingenieriles</b>	<b>Cantidad (Horas)</b>	<b>Valor unitario (dólares)</b>	<b>Valor total (dólares)</b>
Supervisión	10	20	200
Diseño	4	50	200
		<b>Subtotal</b>	<b>400</b>

Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: Autores

#### 6.4.3 *Costo total*

Es la sumatoria de costos directos e indirectos que anteriormente fueron calculados.

Tabla 6-8. Costo total de la construcción de la máquina

<b>Especificaciones</b>	<b>Valor (Dólares)</b>
Costos directos	3694.81
Costos indirectos	400
<b>Total</b>	<b>4094.81</b>

Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: Autores

## CAPÍTULO VII

### 7 PRUEBAS Y RESULTADOS

Las pruebas que se hacen a la máquina clasificadora de tomate riñón nos permiten comprobar si se ha cumplido con los diferentes requerimientos que fueron descritos en los objetivos, midiendo la eficiencia del diseño y poder corregir a tiempo los errores en la construcción.

#### 7.1 Criterios a evaluar

Se evalúa la eficiencia de la máquina en base a la capacidad de clasificación solicitada por el auspiciante que es de 80 cartones de 23 kg/h, así también la efectividad de la clasificación, los parámetros a utilizar serán evaluados con la relación variable de salida el tiempo que se demora en clasificar y la efectividad de clasificación, cumpliendo la condición que los tomates clasificados correspondan a los módulos de clasificación establecidos.

Se realizó la prueba llenando en su totalidad la tolva de alimentación aproximadamente con 23 kg de tomate tal y como se obtiene de la planta. Esta operación se realizó 5 veces para poder analizar las diferentes variaciones de tiempo que se producían en la clasificación.

El fruto clasificado se obtuvo en las bandejas de salida de los 4 tipos de tamaños, se procedió a hacer una inspección visual para corroborar que los tomates hayan caído a las bandejas que pertenecen a su categoría, para mayor precisión se utilizó un calibrador que compruebe las medidas.

#### 7.2 Resultados obtenidos

Se observa en la tabla 7-1 los resultados que se obtuvieron de las 5 muestras realizadas.

Tabla 7-1. Resultados obtenidos de clasificación

Muestra	Calidad de la clasificación					% de tomate bien clasificado	% de tomate maltratado
	Tiempo [min]	% de tomates bien clasificado por clases					
		Bola	3ra.	2da.	1ra.		
1	34.45	15.50	27.23	39.59	16.56	98.88	0.2
2	32.54	16.35	25.56	35.29	20.67	97.87	0.4
3	38.64	18.46	31.58	29.83	19.67	99.54	0
4	37.56	27.41	28.76	30.71	11.96	98.84	0.3
5	40.89	17.39	39.36	28.56	13.89	99.2	0.1
Media	36.81	19.02	30.49	32.79	16.55	98.85	0.2
Min	32.54	15.50	25.56	28.56	11.96	81.58	0.1
Max	40.89	27.41	39.36	39.59	22.81	100	0.4

Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: Autores

Observando los resultados obtenidos en la tabla 7-1 se concluye que el tiempo medio de clasificación es de 37 segundos aproximadamente y oscila entre 33 y 40 segundos, al hacer una comparación la clasificación manual de una persona tarda 10 min en clasificar un cartón, la maquina representa un ahorro en tiempo de 9.39 min, si evaluamos en 1 hora de trabajo de la maquina obtenemos que clasifica 97 cartonones de 23[kg/h], se debe realizar el análisis para dos personas ya que la maquina estará operando por dos personas que clasifiquen en 1 hora 12 cajas de 23 [kg/h], por tal motivo la maquina ahorra en tiempo un total de 7 horas y gana 85 cartonones en producción.

Haciendo un análisis de costos sabiendo que la mano de obra cuesta por persona 15 dólares americanos por día de trabajo y que cumplirían en clasificar máximo 96 cartonones de 23[kg/h], mientras que utilizando la maquina clasificadora se clasificaría un total de 776 cartonones de 23[kg/h] al día, lo que significaría un ahorro de 242.50 dólares diarios y en el mes ahorraría 4850 dólares; se puede re afirmar que la maquina cumple con los objetivos planteados y su rendimiento óptimo.

Al observar la calidad de clasificación y según los resultados obtenidos se puede verificar que la media se mantiene en 98,85% de buena calidad de tomate, y el porcentaje de producto maltratado es casi nulo, ya que en el diseño se tomó en cuenta los ángulos de inclinación de las bandejas donde caen los tomates y con ello no se lastiman al caer.

La máquina no presentó falla alguna y se comprobó que los requerimientos de diseño fueron los adecuados.

En la tabla 7-2 se realiza una comparación de los dos métodos de clasificación manual y mecanizada.

Tabla 7-2. Eficiencia clasificación manual y mecanizada

	Clasificación manual 2 persona	Clasificación mecanizada
Numero de cartones	12	97
Tiempo (horas)	1	1

Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: Autores

Figura 7-1. Resultados métodos de clasificación



Realizado por: Darwin Tene, José Villagrán. 2017

Fuente: Autores

Analizando los resultados el método de clasificación mecánica es más eficiente ya que supera en un 89% a la clasificación manual, su productividad en una hora es excelente.

## CAPÍTULO VIII

### 8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 8.1 Conclusiones

- Realizado la investigación sobre el proceso de clasificación existen varias formas de clasificación que se aplican en la selección de acuerdo al peso y al tamaño del tomate Riñón.
- Con los estudios se llegó a determinar que existen diferentes forma de clasificar ya sean estas de manera manual, mecánica y automatizada, además existen varias variedades de tomate que se cultiva en el Ecuador dentro de las cuales para nuestro estudio se clasifica la variedad Daniela.
- Definido las dimensiones se concluyó que la máquina consta de dos partes para su fácil transportación y manipulación.
- Se seleccionó los materiales y se diseñó los elementos constitutivos de la máquina de acuerdo a las necesidades y requerimientos del patrocinador.
- Realizado las pruebas se llegó a determinar que la clasificación del tomate en los tamaños pequeños llega a un 98% de efectividad, mientras que en los calibres de mayor tamaño debido a que mientras más grande el tomate no es completamente esférico y se llega a un 90% de efectividad.

#### 8.2 Recomendaciones

- Los tomates que pueden ser clasificados deben ser de color rojo ligero es decir sobre el 60% pero menos del 90% rojo pues ya contienen la mayor cantidad de azúcares y ácidos característicos de este producto.
- La máquina por el diseño de separación puede clasificar productos de características similares las diferentes ya sea utilizando todas o partes de los módulos que lo conforman.
- Se recomienda al operador revisar el manual de operación y así evitar los posibles riesgos de accidentes.



## BIBLIOGRAFÍA

**ACERIND S C.** *Soldadura de los Aceros Inoxidables* [En línea]. [Consulta: 20 enero 2017]. Disponible en: <http://docplayer.es/11383655-Soldadura-de-los-aceros-Inoxidables>.

**ADELGAZAR RAPIDO.** *Todo Sobre las Propiedades del Tomate en la Salud*. [En línea]. Marcos Meilán, 9 Diciembre 2015. [Consulta: 23 noviembre 2016.]. Disponible en: <http://www.adelgazarrapidoweb.com/adelgazar-rapido/propiedades-y-beneficios-del-tomate-de-ensalada/>.

**AGROALIMENTANDO.** *Ciencia y tecnología aplicadas a la agricultura y a la alimentación*. [En línea]. Jhon Foxx [Consulta: 5 enero 2017.]. Disponible en :[http://agroalimentando.com/nota.php?id\\_nota=3221](http://agroalimentando.com/nota.php?id_nota=3221).

**AGUAYO Lilian.** *Abriendo Viejos y Olvidados Baules*. [En línea] 2012. Washington-USA: 2012. [Consulta: 6 enero 2017]. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=REgzjoHaMn8C&pg=PA96&lpg=PA96&dq=Por+otra+parte,+conviene+Saber+que+un+tomate+contiene+vitaminas+A,+B1,+B2,+B3,+B6,+C,+K+y+E+y+numerosas+sales+minerales,+como+potasio,+cloro,+f%C3%B3sforo,+calcio,+azufre,+magnesio,+sod>.

**ALCALDE CAJAMARCA, Christian Fernando & BONE FONTE, Edwin Giovanni.** Diseño de una Máquina Clasificadora de tomate de 700 [Kg/h] de capacidad.(Tesis) (Ingeniería). Escuela Politecnica Nacional, Facultad de Ingeniería Mecánica. Quito, Ecuador. 2013.pp. 4-40.

**AVNER, Sydney.** *Introducción a la Metalurgia Física*. 2ª ed. México-México: Mcgraw-Hill, 1985 pp. 354-360.

**BOHMAN, Ivan.** “ACERO 1018”. [En línea]. [Consulta: 15 mayo 2017.]. Disponible en: [www.ivanbohman.com.ec](http://www.ivanbohman.com.ec).

**BONIFAZ TIXI, Cristian Fabian & PALLASCO PAGUAY, Marco Antonio.** Diseño y construcción de una máquina clasificadora de fresa a razón de 100 kg/hora (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Mecánica, Riobamba, Ecuador. 2017.pp. 25-100.

**CARAZO, Marino.** *Máquinas herramientas apuntes de taller 3 - engranajes*. Madrid-España:. Ediciones UPC, 2003,pp. 65-80.

**CASTRO MACAS, Diego Orlando & TIRIRA SUÁREZ, Lenin Mauricio.** Diseño y construcción de una máquina despulpadora de frutas. (Tesis) (Ingeniería). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Mecánica. Riobamba, Ecuador. 2014. pp. 86-95

**CHANGUÁN GONZÁLEZ, Johnatan Eduardo & YANCHALIQUIN TIXELEMA, Edgar Eduardo.** Diseño y construcción de una máquina desgranadora de frejol para el cantón pangua (trabajo de titulación) (Ingeniería). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Riobamba, Facultad de Mecánica, Escuela Ingeniería Mecánica. Riobamba, Ecuador. 2016 pp. 88-120.

**CONSORTI, Ing S L Straneo & Prof R.** *Dibujo Técnico Mecánico*. Mexico: Union Tipográfica Editorial Hispano Americana, 1965 pp. 397-399.

**EL COMERCIO.** *Ocho variedades de tomate riñón están en los mercados locales* [en línea]. Quito, 12 marzo 2011. [Consulta: 3 12 2016.]. Disponible en: <http://www.elcomercio.com/actualidad/negocios/ocho-variedades-de-tomate-rinon.html>.

**ESTUARDO, Gerardo.** *Manual de rodamientos* [en línea]. junio 2016. [Consulta: 10 marzo 2017]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/gerardostuardoperez/manual-de-rodamientos>

**FAG.** *Rodamientos de bolas* [en línea] Alemania., 2000. [Consulta: 10 mayo 2017]. Disponible en: <http://www.baleromex.com/catalogos/C-FAG.pdf>

**FAO DEPOSITO DE DOCUMENTOS.** *Deposito de documentos de la fao* [en línea] [Consulta: 23 marzo 2017.] Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/006/Y4893S/y4893s04.htm>

**FAIRES, V.M.** *Diseño de elementos de máquinas.* 4<sup>a</sup> ed. Barcelona, España: Montaner y Simón S.A. pp. 575-580.

**INDÍGENAS ASOCIACIÓN DE AGRÓNOMOS.** *El cultivo de tomate riñón en invernadero* [en línea] Cañar, Abya-Yala, 2003. [Consulta: 12 octubre 2016.]. Disponible en: [http://digitalrepository.unm.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1366&context=Abya\\_yala](http://digitalrepository.unm.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1366&context=Abya_yala).

**INDUSTRIAL PERAVIA.** *La famosa lo mas natural.* [en línea] 2008. [Consulta: 20 julio 2017.]. Disponible en: <http://www.lafamosa.com/nutricion.php?P=1&id=4>.

**NTE INEN 1745. Norma técnica ecuatoriana. 1990.** *Hortalizas frescas. tomate riñón. requisitos.*

**KANA.** *Syl power transmission* [en línea]. Zona libre de colón, Panamá, 2013. [Consulta: 26 febrero 2017]. Disponible en: <http://sylpanama.com/wp-content/uploads/2015/09/SYL-KANA.pdf>

**KITINOJA, Lisa.** *Manual de practicas de manejo postcosecha de los productos hortofrutícolas a pequeña escala* [en línea]. enero 1996. [Consulta: 10 abril 2016]. Disponible en: <http://www.fao.org/Wairdocs/X5403S/x5403s06.htm#TopOfPage>.

**LAUFGANG, Sergio G.** *Aceros inoxidable, Tratamiento térmico de soldadura* [en línea]. Termo soldex S.A, 07 julio 2003. [Consulta: 05 mayo 2017]. Disponible en: <http://materias.fi.uba.ar/6750/ACEROS%20INOXIDABLES.pdf>.

**MAGAP.** *Ministerio de agricultura y ganaderia* [en línea]. [Consulta: 16 abril 2017]. Disponible en: <http://www.agricultura.gob.ec/>.

**MASALEMA MORENO, Hernan Patricio.** *Estudio bioagronómico de 10 cultivares de tomate riñón (Lycopersicon esculentum mill), bajo invernadero.* (Tesis) (Ingeniería). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador. 2008. pp. 25-80.

**MEILÁN, Marcos.** *Todo sobre las propiedades del tomate en la salud.* [en línea]. 9 diciembre 2015. [Consulta: 23 noviembre 2016.]. Disponible en: <http://www.adelgazarrapidoweb.com/adelgazar-rapido/propiedades-y-beneficios-del-tomate-de-ensalada/>.

[-tomate-de-ensalada/](http://www.adelgazarrapidoweb.com/adelgazar-rapido/propiedades-y-beneficios-del-tomate-de-ensalada/).

- NUEZ, Fernando.** *El Cultivo Del Tomate*. España: Mundi - Prensa, 1999, pp. 45-68.
- ORTIZ CAÑAVATE, Jaime.** *Las máquinas agrícolas y su mecanización*. 7ª ed, Madrid, España, Mundi – Prensa, 2012 pp. 60-145.
- PÉREZ, Christian.** *Tomates: beneficios y propiedades*. [En línea] [Consulta: 23 marzo 2017.]. Disponible en: <https://www.natursan.net/tomates-beneficios-y-propiedades/>.
- POLO, Omar.** Transmisión por cadenas [en línea] [Consulta: 23 febrero 2017]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/orphan4life/transmision-porcadenas>.
- RIBA, Carles.** *Diseño concurrente*. Quito, Ecuador: ETSEIB - UPC 2012 pp. 77-95.
- RODRIGUEZ, Rafael.** *Cultivo moderno del tomate*. Madrid, España: Mundi Prensa, 1989, pp. 15-47.
- RUIZ, Laura.** Manipulación manual de cargas guía técnica de INSHT [en línea] [Consulta: 10 marzo 2017]. Disponible en: <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Normativa/GuíasTécnicas/Ficheros/cargas.pdf>
- SINAGAP. Ministerio de agricultura, ganadería, acuicultura y pesca.** *Boletín situacional tomate riñón*. [en línea]. Quito: 2015. [Consulta: 29 enero 2017]. Disponible en: <http://sinagap.agricultura.gob.ec/>
- SHIGLEY.** *Diseño en ingeniería mecánica*. 8ª ed. Monterrey, Mexico: MC GRAW HILL, 2008. pp. 396-400.
- SHIRKÉVICH, G. Koshkin N. I.** *Manual de física elemental*, 1975.
- SMITH, William.** *Fundamentos de la ciencia e ingeniería de los materiales*. 4ª ed Florida, USA: McGraw-Hill Interamericana Editores, S. A. DE C.V. 2006, pp. 33-78.
- SUQUILANDA, Manuel.** *Producción orgánica de hortalizas*. Quito, Ecuador: Print & Promo, 2003, pp. 68-75.
- TECHNOLOGY, Supply Garlic.** *Mesa de rodillos* [en línea]. [Consulta: 04 enero 2017]. Disponible en: <http://www.jjbroch.es/index.php/es/post-cosecha-del-ajo/mesa-de-rodillos.html>.
- UNE-EN 1672-2:2006+A1:2009.** Maquinaria para proceso de alimentos. Conceptos básicos. Parte 2: Requisitos de higiene.

# **ANEXOS**

# **PLANOS**

