



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

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA  
CLASIFICADORA DE FRESAS A RAZÓN DE 100 KG/HORA”**

**BONIFAZ TIXI CRISTIAN FABIAN**  
**PALLASCO PAGUAY MARCO ANTONIO**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

**TIPO: PROPUESTA TECNOLÓGICA**

Previa a la obtención del Título de:  
**INGENIERO MECÁNICO**

**RIOBAMBA – ECUADOR**

**2017**

# **ESPOCH**

Facultad de Mecánica

---

## **APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

---

**2016-05-09**

Yo recomiendo que el Trabajo de Titulación preparado por:

**BONIFAZ TIXI CRISTIAN FABIAN**

Titulado:

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA CLASIFICADORA DE FRESAS A RAZÓN DE 100 KG/HORA”**

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

**INGENIERO MECÁNICO**

---

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

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

---

Ing. Julio Nolberto Pérez Ph.D  
**DIRECTOR**

---

Ing. Santiago López Ortiz  
**ASESOR**

# **ESPOCH**

Facultad de Mecánica

---

## **APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

---

**2016-05-09**

Yo recomiendo que el Trabajo de Titulación preparado por:

**PALLASCO PAGUAY MARCO ANTONIO**

Titulado:

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA CLASIFICADORA DE FRESAS A RAZÓN DE 100 KG/HORA”**

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

**INGENIERO MECÁNICO**

---

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

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

---

Ing. Julio Nolberto Pérez Ph.D  
**DIRECTOR**

---

Ing. Santiago López Ortiz  
**ASESOR**

# ESPOCH

Facultad de Mecánica

---

## **CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS**

---

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** BONIFAZ TIXI CRISTIAN FABIAN

**TÍTULO DE LA TESIS:** **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA CLASIFICADORA DE FRESAS A RAZÓN DE 100 KG/HORA”**

**Fecha de Examinación:** 2017-06-02

### **RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:**

<b>COMITÉ DE EXAMINACIÓN</b>	<b>APRUEBA</b>	<b>NO APRUEBA</b>	<b>FIRMA</b>
Ing. Geovanny Novillo A. <b>PRESIDENTE TRIB. DEFENSA</b>			
Ing. Julio Pérez G. <b>DIRECTOR DE TESIS</b>			
Ing. Santiago López O. <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 Novillo A.

**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

# ESPOCH

Facultad de Mecánica

---

## **CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS**

---

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** PALLASCO PAGUAY MARCO ANTONIO

**TÍTULO DE LA TESIS:** **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA CLASIFICADORA DE FRESAS A RAZÓN DE 100 KG/HORA”**

**Fecha de Examinación:** 2017-06-02

### **RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:**

<b>COMITÉ DE EXAMINACIÓN</b>	<b>APRUEBA</b>	<b>NO APRUEBA</b>	<b>FIRMA</b>
Ing. Geovanny Novillo A. <b>PRESIDENTE TRIB. DEFENSA</b>			
Ing. Julio Pérez G. <b>DIRECTOR DE TESIS</b>			
Ing. Santiago López O. <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 Novillo A.

**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

## **DERECHOS DE AUTORÍA**

El trabajo de grado 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 del autor. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

---

**Bonifaz Tixi Cristian Fabian**

---

**Pallasco Paguay Marco Antonio**

## **DECLARACION DE AUTENTICIDAD**

Nosotros, Cristian Fabián Bonifaz Tixi, y Marco Antonio Pallasco Paguay 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 proviene de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

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

**Bonifaz Tixi Cristian Fabian**

Cédula de Identidad: 060443024-9

**Pallasco Paguay Marco Antonio**

Cédula de Identidad: 060382059-8

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo quiero dedicar a Dios por brindarme sabiduría y salud, y a mis padres Carlos y Lucrecia a mi hermano Edgar que me han guiado y brindado su apoyo incondicional en la culminación de mi carrera, a todos los docentes que han sido parte de mi formación como profesional, amigos y conocidos que de una u otra manera han estado pendiente de mí.

**Cristian Fabian Bonifaz Tixi**

El presente trabajo está dedicado primero a Dios por brindarme la oportunidad de llegar a este momento de mi vida con sabiduría y salud, a mis padres Héctor e Inés a mi hermano Héctor Darío quienes me han brindado su apoyo incondicional y me han guiado durante este camino fuerte pero satisfactorio para la culminación de mis estudios, a mis amigos, docentes que son parte de mi formación como persona y profesional quienes de una u otra manera me apoyaron.

**Marco Antonio Pallasco Paguay**

## **AGRADECIMIENTO**

Un profundo agradecimiento a mi familia por su apoyo de toda índole brindado, a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo en especial a la Escuela de Ingeniería Mecánica por la formación como profesional, amigos que han estado en momentos necesarios a todos ellos un sincero agradecimiento por ser parte de este logro tan anhelado alcanzado.

**Cristian Fabian Bonifaz Tixi**

Un agradecimiento primero a Dios por darme salud y vida, a toda mi familia en especial a mis padres, hermano y novia quienes me brindaron su apoyo incondicional para la culminación de este trabajo, a la facultad de Mecánica especialmente Escuela de Ingeniería Mecánica por abrirme las puertas para poderme formar como un profesional, y a mis amigos por brindarme su amistad durante este camino de formación profesional

**Marco Antonio Pallasco Paguay**

## CONTENIDO

### RESUMEN ABSTRACT

	<b>Pág.</b>
<b>1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS</b>	
1.1 Antecedentes.....	2
1.2 Justificación .....	4
1.2.1 <i>Justificación teórica</i> .....	4
1.2.2 <i>Justificación metodológica</i> .....	4
1.2.3 <i>Justificación práctica</i> .....	4
1.3 Objetivos.....	4
1.3.1 <i>Objetivo general</i> .....	4
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i> .....	4
<b>2 MARCO REFERENCIAL SOBRE PROCESOS DE DISEÑO Y FABRICACIÓN DE MÁQUINAS CLASIFICADORAS DE FRESAS</b>	
2.1 Las fresas, características, variedades, zonas de cultivos. ....	6
2.1.1 <i>Características nutrimentales y propiedades de la fresa:</i> .....	6
2.1.2 <i>Variedades de fresas que se producen en el Ecuador</i> .....	7
2.1.3 <i>Zonas de cultivo y épocas de siembra en el Ecuador</i> .....	8
2.1.4 <i>Características geométricas, diámetros, peso, rugosidad</i> .....	9
2.2 Métodos para la clasificación de la fresa.....	9
2.2.1 <i>Clasificación manual</i> .....	9
2.2.2 <i>Clasificación mecánica</i> .....	10
2.3 Características de máquinas clasificadoras de frutos con similares características de la fresa existentes en el mercado .....	11
2.4 Normas que rigen para la construcción y la manipulación de alimentos .....	14
2.4.1 <i>Norma CEP-INEN 01:1987</i> .....	14
2.4.2 <i>Reglamento Técnico Ecuatoriano. RTE INEN 131 “SEGURIDAD E HIGIENE DE MAQUINARIA PARA PROCESAMIENTO DE ALIMENTOS”</i> .....	14
2.4.3 <i>UNE-EN 1672-2:2006 +A1:2009</i> .....	15
2.4.4 <i>ISO 14159:2002 (E)</i> .....	15
2.5 Metodologías de procesos de diseño .....	15
2.5.1 <i>Procesos de diseño.</i> .....	15

2.5.2	<i>Metodología del diseño según Carles Riba i Romeva</i> .....	16
<b>3</b>	<b>DISEÑO DE CONCEPTO DE UNA MÁQUINA CLASIFICADORA DE FRESAS</b>	
3.1	Metodología para el diseño de la máquina clasificadora de fresas.....	20
3.2	Estudios previos.....	21
3.2.1	<i>Metodología propuesta por los autores</i> .....	22
3.3	Diseño conceptual de la máquina clasificadora de fresas según la metodología propuesta por los autores. ....	24
3.3.1	<i>Determinación de las especificaciones y requerimientos de la máquina</i> .....	24
3.3.2	<i>Resultados de la matriz de calidad QFD</i> .....	27
3.3.3	<i>Especificaciones técnicas</i> .....	27
3.3.4	<i>Análisis funcional</i> .....	29
3.3.5	<i>Definición de módulos</i> .....	29
3.3.6	<i>Estudio de alternativas de solución para la máquina</i> . ....	30
3.3.1.1	<i>Puesta en marcha</i> .....	31
3.3.1.2	<i>Recepción</i> .....	32
3.3.1.3	<i>Mecanismo de selección</i> . ....	33
3.3.1.4	<i>Recolección de fruta clasificada</i> . ....	36
3.3.7	<i>Alternativas de solución</i> . ....	37
3.3.1.5	<i>Alternativas de solución para cada módulo</i> . ....	38
3.3.8	<i>Evaluación de soluciones</i> .....	40
3.3.9	<i>Criterios de evaluación del módulo</i> .....	41
3.3.10	<i>Características de componentes para la máquina clasificadora de fresa</i> . ....	44
<b>4</b>	<b>DISEÑO Y SELECCIÓN DE ELEMENTOS PARA LA MÁQUINA CLASIFICADORA DE FRESAS</b>	
4.1	Dimensionamiento .....	48
4.1.1	<i>Dimensiones de las fresas</i> .....	48
4.1.1.1	<i>Cálculo del flujo de fresas en base a la capacidad</i> .....	48
4.1.1.2	<i>Fresas de primera clase</i> .....	49
4.2	Cálculo de la velocidad de operación de la máquina.....	50
4.3	Cálculo de la potencia.....	51
4.3.1	<i>Cálculo de la fuerza de aceleración lineal</i> .....	52
4.3.2	<i>Cálculo fuerza de fricción</i> .....	54
4.3.3	<i>Cálculo del torque de aceleración</i> .....	54

4.4	Selección del motor, caja reductora y acople .....	57
4.4.1	<i>Selección del motor</i> .....	57
4.4.2	<i>Selección de la caja reductora</i> .....	58
4.4.3	<i>Cálculo del torque</i> .....	59
4.4.4	<i>Selección del acople</i> .....	60
4.5	Diseño y selección de los elementos de transmisión .....	62
4.5.1	<i>Cálculo de la potencia de diseño</i> .....	62
4.5.2	<i>Identificar el tipo de correa y las poleas a utilizar</i> .....	62
4.5.3	<i>Distancia entre ejes</i> .....	63
4.5.4	<i>Longitud primitiva</i> .....	64
4.5.4.1	<i>Longitudes estándar de correas (Ln)</i> .....	64
4.5.5	<i>Distancia entre centros corregida</i> .....	64
4.5.6	<i>Determinar el arco de contacto menor</i> .....	65
4.5.7	<i>Cantidad de bandas necesarias</i> .....	65
4.6	Diseño del eje motriz .....	66
4.6.1	<i>Cálculo de la fuerza generada en una polea de clasificación</i> .....	66
4.6.2	<i>Cálculo diámetro del eje principal</i> .....	69
4.6.2.1	<i>Cálculo del momento máximo:</i> .....	71
4.6.2.2	<i>Esfuerzo normal a flexión</i> .....	71
4.6.2.3	<i>Esfuerzo tangencial a torsión</i> .....	72
4.6.2.4	<i>Esfuerzo equivalente de Von Mises</i> .....	72
4.6.3	<i>Diseño a fatiga</i> .....	73
4.6.3.1	<i>Criterio de máxima tensión de corte</i> .....	73
4.6.3.2	<i>Cálculo de las cargas fluctuantes</i> .....	75
4.6.4	<i>Verificación de la resistencia del eje principal en SolidWorks</i> .....	76
4.7	Diseño de elementos que componen el sistema de clasificación.....	77
4.7.1	<i>Selección del cordón</i> .....	77
4.7.1.1	<i>Porcentaje de estiramiento</i> .....	78
4.7.1.2	<i>Diámetro del cordón</i> .....	79
4.8	Diseño de las poleas .....	79
4.9	Diseño de la estructura principal .....	79
4.9.1	<i>Características geométricas de la estructura</i> .....	81
4.9.2	<i>Procedimiento para el análisis estático.</i> .....	82
4.10	<i>Selección de las chumaceras</i> .....	83

4.10.1	<i>Cálculo de las reacciones en los apoyos</i> .....	83
<b>5</b>	<b>CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DE LA MÁQUINA CLASIFICADORA DE FRESA</b>	
5.1	Máquinas y Herramientas .....	87
5.2	Materiales para la construcción .....	88
5.3	Proceso de construcción y montaje .....	89
5.3.1	<i>Elementos de construcción</i> .....	89
5.3.1.1	<i>Operaciones de construcción para cada sistema</i> .....	90
5.3.2	Montaje de la máquina clasificadora de fresas. ....	94
5.3.2.1	<i>Flujograma de proceso para el montaje de la máquina clasificadora</i> .....	96
5.3.3	<i>Tiempo total de construcción.</i> .....	97
5.4	Proceso de construcción de elementos de la máquina clasificadora de fresas .	98
5.4.1	Construcción de la base soporte de los ejes.....	98
5.4.2	Construcción de la estructura o patas de la máquina.....	99
5.4.3	Eje motriz y ejes guías.....	100
5.4.4	Montaje de las poleas .....	100
5.4.5	Montaje del sistema motriz.....	101
5.4.6	Montaje del sistema de selección .....	102
5.4.7	Montaje de la tolva de dosificación .....	102
5.4.8	Montaje bandejas de recolección.....	103
<b>6</b>	<b>MANUAL PARA LA OPERACIÓN, MATENIMIENTO Y ANALISIS DE COSTOS PARA LA CLASIFICADORA DE FRESAS</b>	
6.1	Manual para la operación de la máquina .....	104
6.1.1	<i>Vista general de la máquina clasificadora de fresa</i> .....	104
6.1.2	<i>Características de la máquina clasificadora.</i> .....	105
6.1.3	<i>Instalación del equipo</i> .....	105
6.1.4	<i>Instrucción de operación.</i> .....	106
6.1.4.1	<i>Puesta en marcha de la máquina.</i> .....	106
6.1.5	<i>Pasos para el proceso de selección de fresas con la máquina.</i> .....	107
6.2	Manual de mantenimiento de la máquina.....	108
6.2.1	<i>Riesgos y medidas preventivas</i> .....	108
6.2.2	<i>Riesgos ergonómicos.</i> .....	109
6.2.3	<i>Medidas de prevención</i> .....	109
6.2.3.1	<i>Posición de la carga con respecto al cuerpo.</i> .....	109

6.2.3.2	<i>Tipos de agarre de la carga.</i>	110
6.2.3.3	<i>Tamaño de la carga.</i>	110
6.3	Análisis de costos de la máquina clasificadora de fresa.	111
6.3.1	<i>Costos directos.</i>	111
6.3.2	<i>Costos indirectos.</i>	113
6.3.3	<i>Costos totales.</i>	114

## **7 PRUEBAS Y RESULTADOS**

7.1	Materiales y métodos	115
7.2	Resultado y discusión.	116
7.3	Conclusiones	118
7.4	Recomendaciones	118

## **BIBLIOGRAFÍA**

## **ANEXOS**

## **PLANOS**

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1-2: Propiedades nutrimentales de la fresa.....	6
Tabla 2-2: Variedades de fresas cultivadas en el Ecuador.....	7
Tabla 3-2: Métodos y Principios de la clasificación manual. ....	10
Tabla 4-2: Métodos y Principios de la clasificación mecánica.....	11
Tabla 5-2: Máquinas clasificadoras de frutos con características similares a la fresa. 12	
Tabla 6-2. Modelos de máquinas basadas en su principio.....	13
Tabla 7-2: Características y datos técnicos.....	14
Tabla 8-2: Etapas sucesivas del diseño.....	19
Tabla 1-3: Caracterización de la fresa.....	22
Tabla 2-3: Características más importantes de las fresas presentes en Ecuador. ....	24
Tabla 3-3: Matriz QFD (Casa de la calidad).....	26
Tabla 4-3: Especificaciones técnicas de la máquina clasificadora de fresas. ....	28
Tabla 5-3: Alternativa número uno.....	38
Tabla 6-3: Alternativa número dos. ....	38
Tabla 7-3: Alternativa número tres. ....	39
Tabla 8-3: Evaluación de cada criterio .....	41
Tabla 9-3: Evaluación de alternativas referente a los componentes.....	42
Tabla 10-3: Evaluación de las alternativas referentes a la recepción. ....	42
Tabla 11-3: Evaluación de las alternativas con respecto al Mecanismo de selección... 42	
Tabla 12-3: Evaluación de soluciones respecto al cumplimiento de la Norma RTE INEN 131 .....	43
Tabla 13-3: Evaluación de soluciones respecto al costo de fabricación.....	43
Tabla 14-3: Evaluación de soluciones respecto a la clasificación de diferentes clases de fresa.....	43
Tabla 15-3: Evaluación de soluciones respecto a la capacidad. ....	44
Tabla 16-3: Conclusiones y selección de la mejor alternativa.....	44
Tabla 1-4: Resumen de valores obtenidos. ....	49
Tabla 2-4: Valores experimentales de velocidad.....	50
Tabla 1-5 Lista de materiales seleccionados.....	88
Tabla 2-5: Elementos de construcción.....	89
Tabla 3-5: Operaciones de construcción de los elementos de la máquina.....	91

Tabla 4-5: Sistema de dosificación.....	92
Tabla 5-5: Sistema de clasificación.....	92
Tabla 6-5: Sistema de recolección.....	93
Tabla 7-5: Sistema motriz.....	94
Tabla 8-5: Montaje de elementos del sistema de clasificación.....	95
Tabla 9-5: Montaje del sistema motriz .....	95
Tabla 10-5: Montaje de elementos del sistema de recolección.....	96
Tabla 11-5: Montaje de elementos del sistema de dosificación.....	96
Tabla 12-5 Tiempos previstos para la construcción y montaje .....	97
Tabla.1-6: Vistas de la máquina clasificadora de fresa .....	104
Tabla 2-6 Características de la máquina.....	105
Tabla.3-6: Puesta en marcha.....	106
Tabla.4-6: Procesos de clasificación.....	107
Tabla.5-6: Manual de Mantenimiento .....	108
Tabla.6-6: Costos de material e insumos.....	112
Tabla 7-6: Costos de mano de obra .....	112
Tabla.8-6: Costos de maquinaria y equipos.....	113
Tabla.9-6: Costos directos totales.....	113
Tabla.10-6: Costos para la investigación.....	113
Tabla.11-6: Gasto total .....	114
Tabla.1-7: Resultados experimentales para caja de 7 kg .....	116
Tabla.2-7: Comparación de métodos de clasificación.....	117

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1-2. Ciclo basico de diseño.....	18
Figura.1-3 Metodología de diseño propuesta por los autores.....	23
Figura. 2-3 Función primaria de la máquina.....	29
Figura. 3-3: Función secundaria de la máquina clasificadora de fresas. ....	30
Figura. 4-3: Motoreductor.....	31
Figura. 5-3: Tolva .....	32
Figura. 6-3: Banda transportadora .....	33
Figura. 7-3: Esquema clasificación por cilindros perforados. ....	34
Figura. 8-3: Sistema de selección por rodillos.....	35
Figura. 9-3: Máquina de selección para frutos pequeños. ....	36
Figura. 10-3: Bandejas para caída de fresa clasificada.....	36
Figura. 11-3: Alternativas para el diseño de la máquina clasificadora de fresa. ....	37
Figura. 12-3: Componentes de la máquina clasificadora.....	45
Figura. 13-3: Denominación de los componentes de la máquina. ....	46
Figura. 1-4: Diagrama banda transportadora.....	51
Figura. 2-4: Diagrama de cuerpo libre de una polea.....	67
Figura. 3-4: Diagrama de cuerpo libre del eje. ....	69
Figura. 4-4: Diagrama de cortante y momento flector MDSolid 3.5.....	70
Figura. 5-4: Diagrama de cortante y momento flector MDSolid 3.5.....	70
Figura. 6-4: Resultado del análisis en SolidWorks.....	77
Figura. 7-4: Aplicaciones de cordones de poliuretano .....	78
Figura. 8-4: Polea construida en Nylon industrial .....	79
Figura. 9-4: Estructura principal.....	81
Figura.10-4: Esfuerzos en la estructura base. ....	82
Figura.11-4: Factor de seguridad de la estructura base. ....	83
Figura. 1-5 Diagrama de flujo de proceso.....	97
Figura. 2-5 Base soporte .....	98
Figura. 3-5: Agujeros para chumaceras .....	98
Figura. 4-5: Estructura soldada a la base soporte. ....	99
Figura. 5-5: Estructura de la máquina.....	99
Figura. 6-5: Estructura terminada .....	100

Figura. 7-5: Ejes ensamblados en la base .....	100
Figura. 8-5: Montaje de las poleas.....	101
Figura. 9-5: Montaje Sistema de poleas.....	101
Figura.10-5: Sistema motriz montado. ....	102
Figura.11-5: Montaje de los cordones de selección.....	102
Figura.12-5: Montaje de la tolva de dosificación. ....	103
Figura.13-5: Montaje de bandejas de recolección. ....	103
Figura.1-6 Peso teórico recomendado en función de la zona de manipulación.....	109
Figura.2-6 Agarre bueno.....	110
Figura.3-6 Agarre regular 90° .....	110
Figura.4-6 Tamaño máximo recomendable para una carga.....	111

## SIMBOLOGÍA

$C$	Capacidad	lb/min
$Fr$	Frecuencia	Hz
$W$	Velocidad angular	rad/s
$L$ módulo	Longitud del módulo	m
$V$	Velocidad máxima	m/s
$P_{max}$	Potencia máxima	watts
$F_{accel}$	Fuerza de aceleración	N
$F_{fricc}$	Fuerza de fricción	N
$F_{lifting}$	Fuerza elevación.	N
$T_{accel}$	Torque de aceleración	N.m
$T_{fricc}$	Torque de fricción.	N.m
$T_{lifting}$	Torque de elevación.	N.m
$V_{max}$	Velocidad.	m/s
$W_{max}$	Velocidad angular máxima	Rad/s
$m_{total}$	Masa total	kg
$a$	Aceleración	m/s <sup>2</sup>
$m_{fresa}$	Masa de la fresa	kg
$m_{cilindro}$	Masa del cilindro	kg
$m_{eje}$	Masa del eje	kg
$m_{cable}$	Masa del cable	kg
$t$	Tiempo estabilización	s
$V_0$	Velocidad inicial	m/s
$V_f$	Velocidad final	m/s
$\mu$	Coefficiente de fricción	
$F_w$	Fuerza con respecto a la normal	kg-f
$I_{ejes}$	Inercia de los ejes	Kg-m <sup>2</sup>
$I_{poleas}$	Inercia de las poleas	Kg-m <sup>2</sup>
$\alpha$	Aceleración angular	rad/s <sup>2</sup>
$I$	Inercia	kg-m <sup>2</sup>
$R$	Radio de la polea	m
$r$	Radio eje	m
$a$	Aceleración lineal	m/s <sup>2</sup>
$i$	Relación de transmisión	
$V_{entrada}$	Velocidad de entrada	m/s
$V_{salida}$	Velocidad de salida	m/s
$F_s$	Factor de servicio	
$Pot_{req}$	Potencia requerida	hp
$T_n$	Torque nominal	N.m
$T_d$	Torque de diseño	N.m
$P_D$	Potencia de diseño	hp
$P$	Potencia máxima	hp
$C_1$	Factor de servicio	
$D_P$	Diámetro de la polea mayor	mm
$d_p$	Diámetro de la polea menor	mm
$C_e$	Distancia entre centros	mm
$L$	Longitud primitiva de correas	mm

$L_n$	Longitud de correas estándar	mm
$C_c$	Distancia entre centros corregida	mm
$\alpha_1, \alpha_2$	Arco de contacto	°
$Z$	Número de correas necesarias.	
$P_D$	Potencia de diseño.	
$C_2$	Factor de corrección por longitud.	
$C_3$	Factor de corrección por ángulo de contacto menor.	
$M$	Momento	N.m
$F$	Fuerza	N
$M_{max}$	Momento máximo	N.m
$M_f$	Momento flector	N.m
$\sigma$	Esfuerzo a flexión	N/m <sup>2</sup>
$\tau$	Esfuerzo a torsión	N/m <sup>2</sup>
$\sigma_{eq}$	Esfuerzo equivalente de Von Mises	N/m <sup>2</sup>
$S_y$	Resistencia a la fluencia	M Pas
$\eta$	Coefficiente de seguridad	
$S_e$	Límite de resistencia a la fatiga	
$S'_e$	Límite de resistencia a la fatiga en viga rotatoria.	
$F_a$	Fuerza Radial	N
$F_r$	Fuerza Axial	N
$(C_{cal})_o$	Capacidad de carga	
$f_s$	Factor de esfuerzo estático	
$P_o$	Carga estática	
$C_{cal}$	Capacidad de carga calculada	
$L_h$	Horas de uso aproximadas	
$f_l$	Factor de esfuerzos dinámicos	
$f_n$	Factor de velocidad	

## **LISTA DE ABREVIACIONES**

<b>MAGAP</b>	Ministerio de Agricultura ganadería y pesca.
<b>INEN</b>	Instituto Ecuatoriano de normalización.
<b>UNE</b>	Asociación Española de normalización
<b>QFD</b>	Quality Function Deployment.
<b>AISI</b>	American Iron and Steel Institute (Instituto Americano del hierro y el acero)

## LISTA DE ANEXOS

- A Encuesta a productores de fresa en el sector “El Suyo”.
- B Caracterización de fresas variedad: Albión.
- C Cálculo de la potencia.
- D Selección del motor.
- E Selección de la caja reductora.
- F Selección del acople.
- G Diseño del sistema de transmisión.
- H Diseño del eje motriz.
- I Selección del cordón.
- J Selección de las chumaceras.

## RESUMEN

En la rama de ingeniería Mecánica se presenta con mucha frecuencia la necesidad de diseñar y construir máquinas que mejoren y ayuden a resolver problemas, como es en este caso la clasificación de la fresa que es una fruta que va creciendo en consumo, en tal sentido se crea la necesidad de construir una máquina clasificadora de este alimento que mejorará la presentación y aceptación en el mercado. Se planteó una metodología integrada para hallar la mejor alternativa de solución, la cual consta de 4 etapas, en cada una de ellas con varias actividades dónde se utilizó métodos para su solución las cuales son: Estudios Previos, se realizó un estudio de campo, características de la fresa, métodos de clasificación. Diseño de Concepto, determinación de requerimientos en base a la matriz QFD, Análisis funcional, selección de la mejor alternativa, estudio de componentes. Diseño de materialización, se utilizó fórmulas para el dimensionamiento de los principales componentes de la máquina y selección de los elementos. 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 fresas en correspondencia con la capacidad proyectada a 100 kg/hora cuyas variables de salida fueron el tiempo y la efectividad de la clasificación se obtuvo un tiempo de 0.7 horas y una calidad de clasificación del 98.3% cumpliendo así todos los parámetros de diseño. Se recomienda para mejor efectividad de la clasificación, el fruto debe encontrarse en un porcentaje de su madurez del 70 %, el operador debe evitar el mínimo contacto con el producto siguiendo con las normas de manipulación de alimentos, por su diseño la máquina tiene la capacidad de clasificar frutos con similares características a la fresa.

**PALABRAS CLAVE:** <MÁQUINA CLASIFICADORA DE FRESAS>, <PROPUESTA TECNOLÓGICA>, <METODOLOGÍA DE DISEÑO MATRIZ DE CALIDAD (QFD)>, <CHIMBORAZO (PROVINCIA)>, <MINISTERIO DE AGRICULTURA, GANADERÍA, ACUACULTURA Y PESCA (MAGAP)>, <INFORMACIÓN TÉCNICA AGRÍCOLA (INFOAGRO)>, <SOFTWARE DE DISEÑO MECÁNICO (SOLIDWORKS)>.

## ABSTRACT

In the mechanical engineering branch, the need to design and build machines that improve and help solve problems is very often presented. For example the classification of the strawberry that is a fruit that grows in consumption. In this regard is created the need to build a machine classifier of this food that will improve the presentation and acceptance in the market. An integrated methodology was proposed to find the best alternative solution. It consists of 4 stages, each of them with several activities where they were used methods for their solution which are: Previous studies, a field study was carried out, characteristics of the strawberry, classification methods. Concept Design, determination of requirements based on the QFD matrix, Functional analysis, selection of the best alternative, study of components. Design of materialization, was used formulas for the sizing of the main components of the machine and selection of the elements. Detail Design, presents the necessary documents for the manufacture as they are parts blueprints, calculation memories. As a result of the evaluation of the sorting machine of strawberries in correspondence whit the capacity projected at 100 kg/hour whose output variables were the time and the effectiveness of the classification. It was obtained a time of 0.7 hours and a classification quality of the 98.3% thus fulfilling all the design parameters. It is recommended for a better effectiveness of the classification, the fruit must be in a percentage of its maturity of the 70 %. The operator should avoid the minimum contact with the product following the food handling standards, from the design of the machine, it has the capacity to classify fruits with similar characteristics to the strawberry.

**KEYWORDS:** < STRAWBERRY CLASSIFYING MACHINE>, <TECHNOLOGICAL PROPOSAL>, <DESIGN METHODOLOGY>, <QUALITY MATRIX (QFD)>, <CHIMBORAZO (PROVINCE)>, <MINISTERIO DE AGRICULTURA GANADERIA Y PESCA (MAGAP)>, <AGRICULTURAL TECHNICAL INFORMATION (INFOAGRO)>, < MECHANICAL DESIGN SOFTWARE (SOLIDWORKS)>

## CAPÍTULO I

### 1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

#### 1.1 Antecedentes

Los alimentos son imprescindibles para la vida y suministra al organismo, nutrientes y energía necesaria para mantenerse saludable. 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.

Una de las maneras más aconsejable para mantenerse saludable es el consumo de frutas en nuestra dieta diaria. Estos son, quizás, los alimentos más llamativos por su diversidad de colores y formas, sobreviven a la intemperie, enfrentando todo tipo de condiciones y agresiones meteorológicas, todo ello es posible gracias a las sustancias protectoras y antioxidantes naturales que poseen. En definitiva esas mismas sustancias son las que nos protegen cuando consumimos el alimento. Es decir que nos beneficiamos absolutamente con todas esas vitaminas y nutrientes que la fruta posee. Las frutas son una excelente fuente de vitaminas, entre las que destacan las vitaminas A, B, C, D, E, K y el folato. (Infoagro, s,n)

Una de las frutas de más aceptación es la denominada fresa según el artículo de la revista The Plant List, que brindan las vitaminas A, B, C, D, E, K, folato, potasio, nutriente importante para equilibrar los electrolitos, fibra, fibra dietética, y antioxidantes que son la clave para protegernos contra las enfermedades crónicas. Además de los nutrientes tradicionales, las fresas son frutas ricas en compuestos fenólicos, como los flavonoides y el ácido elágico. La vitamina C es la vitamina que encontramos en mayor cantidad. (Fragaria, 2013)

Una de las operaciones fundamentales del proceso en el cultivo de la fresa es la clasificación de la fruta según criterios de peso, tamaño, color. Esto se realiza por dos

métodos de forma manual y mecánica, utilizando principios básicos por simple inspección, por sensores etc. (Fragaria, 2013)

El fruto cosechado en condiciones normales debe ser clasificado y almacenado a bajas temperaturas en el menor tiempo posible, para evitar su deterioro en un aproximado del 80% en solo 8 horas. Se recomienda llevar las cajas de inmediato a un cuarto frío, con este proceso mejorara la apariencia del fruto por las siguientes 72 horas, haciéndolo más duradero y manteniendo sus características de un fruto apetecible. Si el cultivo es para exportación se recomienda cosecharse, entre 50 y 75% de maduración, y almacenar de inmediato en cámaras frías (0- 10° C) El transporte debe ser en refrigeración a 4° C. (Hydro Environment.com.mx)

En Ecuador según el trabajo publicado en la revista el Agro la fresa se cultiva prácticamente en toda la región andina por las características del clima, suelos y está a una altura considerable para el desarrollo del fruto se estima que exista alrededor de 800 hectáreas de cultivo con una inversión de 1.500,00 dólares en ½ hectárea obteniendo por cosecha 50.00 dólares por semana de la producción. (Revista El Agro, 2013)

Como análisis de los trabajos de los autores se puede concluir que más del 70% de la producción se lo realiza manualmente y entre tanto el resto de forma mecanizadas empleando maquinas artesanales no comerciales por los productores de frutas que funciona por el principio de tamaño con una capacidad que va desde 50 kg/h–100 kg/h. Ejemplo La Hacienda **TURUCO** ubicada al norte de la provincia de Pichincha en el cantón Pedro Moncayo. (Angos Mediavilla, 2013)

Un estudio exploratorio realizado por los autores aplicando una encuesta en la provincia de Chimborazo sector el “Suyo” a 20 productores donde se confirma que la clasificación se realiza de forma manual, existiendo la necesidad de mecanizar el proceso y que los volúmenes de producción no exceda la capacidad de 100 kg /hora, (ver Anexo A) este tipo de máquinas clasificadora de fresas no se encuentran disponibles en el mercado por el motivo que no existe una entidad capaz de diseñar y construir en tal forma que presten servicios agrícolas o estén disponibles para adquirirlas en el mercado nacional.

## **1.2 Justificación**

### **1.2.1 *Justificación teórica***

Finalmente el trabajo en su conjunto constituido por el marco referencial, la metodología del diseño y la máquina en si para la clasificación de fresas constituye una herramienta de inestimable valor para la consulta que servirá de guía para personas que se dediquen a esta actividad.

### **1.2.2 *Justificación metodológica***

Por otro lado al no encontrarse una metodología específica en la literatura para el diseño de máquinas clasificadora de fresas, como resultado del trabajo se va a disponer de una metodología general para el diseño, fabricación y evaluación de máquinas seleccionadoras de fresas constituyendo un aporte para la investigación de este campo.

### **1.2.3 *Justificación práctica***

Al concluir el trabajo de investigación se va a disponer de una máquina capaz de clasificar 100 kg/h de fresa con lo cual satisface la demanda en función de producción y garantiza un incremento de la productividad, una disminución significativa de los costos con un aumento de la calidad del producto clasificado.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 *Objetivo general***

Diseñar y construir una máquina clasificadora de fresas a razón de 100 kg/hora.

### **1.3.2 *Objetivos específicos***

Realizar el estado del arte mediante estudios bibliográficos para procesos de clasificación de la fresa.

Proponer una metodología integrada para el proceso de diseño, selección y fabricación de la máquina clasificadora de fresas que sirva de guía para la elaboración de trabajos posteriores.

Construir y evaluar la máquina clasificadora de fresas en correspondencia a la capacidad proyectada de 100kg/hora así como la efectividad de la clasificación.

## CAPÍTULO II

### 2 MARCO REFERENCIAL SOBRE PROCESOS DE DISEÑO Y FABRICACIÓN DE MÁQUINAS CLASIFICADORAS DE FRESAS

En la rama de ingeniería Mecánica se presenta con mucha frecuencia la necesidad de diseñar y construir máquinas que mejoren y ayuden a resolver problemas como es en este caso la clasificación de la fresa, que es una fruta que va creciendo en consumo lo que demanda la mecanización de su cultivo en tal sentido se crea la necesidad de construir una máquina clasificadora de esta fruta que mejorara la presentación y aceptación en el mercado.

#### 2.1 Las fresas, características, variedades, zonas de cultivos.

La fresa es una fruta comestible de un sabor succulento de color rojo intenso brillante, a continuación se presenta las principales características de esta fruta.

##### 2.1.1 *Características nutrimentales y propiedades de la fresa*

Las fresas contienen un porcentaje alto de ácido nítrico, celuloso, oxálico y salicílico. Además es rica en minerales como: el sodio, magnesio, hierro, calcio, zinc, yodo. Su propiedades nutrimentales por su contenido en caroteno, vitaminas B, C, y E. a continuación se muestra en la tabla 1-2 las principales características nutrimentales de la fresa. (Kuninavi sites site, 2015)

Tabla 1-2: Propiedades nutrimentales de la fresa.

Propiedades	Cantidad	Propiedades	Cantidad
Vitamina B3	540 µgr	Kilojulios (KJ)	113
Vitamina C	55 mgr	Kilocalorías (Kcal)	27
Vitamina E	0,23	Proteínas	1 gr
Calcio (Ca)	21,5 µgr	Grasas	0,6 gr

Tabla 1-2: (Continuacion) Propiedades nutrimentales de la fresa.

Fósforo (P)	26 µgr	H. de Carbono	5,5 gr
Hierro (Fe)	0,45 µgr	Fibra mineral	1,6 gr
Magnesio (Mg)	13,3 µgr	Caroteno	3 µgr
Zinc (Zn)	0,22 µgr	Vitamina B1	30 µgr
Yodo (I)	0,5 µgr	Vitamina B2	40 µgr
Potasio (K)	156 µgr	Vitamina B6	60 µgr

Realizado por: Cristian Bonifaz, Marco Pallasco. 2017

Fuente: (Hydro Environment.com.mx) (Redondo, frutas y hortalizas)

La fresa es una de las frutas que contienen una gran cantidad de ácidos orgánicos y vitamina C, sustancias minerales y azúcares por lo que es muy apreciado por su sabor y sus aplicaciones en medicina. El poder antioxidante de la fresa es incomparable al de cualquier otra fruta. En relación al peso, es la fruta que contiene mayor cantidad de caroteno, vitamina C y vitamina E. Su consumo es recomendable para prevenir el cáncer. (Redondo, frutas y hortalizas) (Hydro Environment.com.mx)

### 2.1.2 Variedades de fresas que se producen en el Ecuador

La producción de fresa en los últimos tiempos ha respondido a un importante proceso de innovación e investigación principalmente en sus aspectos que van desde el color hasta el sabor y, a su resistencia para soportar largos transportes sin perder ninguna de sus características. Aunque no hay cifras oficiales de producción en el país; el precio en el mercado y su color rojo intenso han transformado a la fresa en una fruta cautivadora para los agricultores, quienes han cambiado sus campos en cultivos de esta fruta brillante y fresca. (Revista El Agro, 2013)

A continuación se presenta en la tabla.2-2 las principales variedades de fresas cultivadas en el Ecuador.

Tabla 2-2: Variedades de fresas cultivadas en el Ecuador.

VARIETADES	CARACTERISTICAS	MODO DE CULTIVO
<b>OSO GRANDE</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Color rojo anaranjado.</li> <li>- Buena resistencia al transporte.</li> <li>- Tendencia del fruto al rajado.</li> </ul>	Se recomienda una densidad de plantación de 6 a 7 plantas/m <sup>2</sup> .

Tabla 2-2: (Continuacion) Variedades de fresas cultivadas en el Ecuador.

<b>DIAMANTE</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gran calidad en su fruto.</li> <li>- Produce menos cantidad de fruta pequeña.</li> <li>- Fruto más claro que otro tipo de variedad.</li> </ul>	Plantas más compactas.
<b>MONTERREY</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El vigor de la planta es mucho más que la variedad Albión.</li> </ul>	Plantas compactas y muy vigorosas.
<b>ALBION</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Color rojo intenso.</li> <li>- Frutas grandes, cónicas y alargadas.</li> <li>- Excelente sabor y calidad.</li> </ul>	Planta mediana.

Realizado por: Cristian Bonifaz, Marco Pallasco. 2017

Fuente: (Revista El Agro, 2013)

### **2.1.3 Zonas de cultivo y épocas de siembra en el Ecuador**

Según datos obtenidos del Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca en el Ecuador MAGAP, el cultivo y siembra de la fresa está localizado en su mayor extensión en la provincia de Pichincha, sin embargo se encuentran en constante crecimiento en las provincias de: Tungurahua, Imbabura, Chimborazo; en extensiones más pequeñas, las podemos encontrar en Cotopaxi y en la zona del Austro, siendo uno de las alternativas más importantes de la economía en dichas provincias. (Revista El Agro, 2013)

La fresa para su siembra necesita un suelo con un pH de 5.5 a 6.5 y una profundidad en el suelo de 15 cm, el fruto no necesita un mes específico y se puede sembrar en cualquier mes del año. Sin embargo, las pruebas realizadas indican que lo más conveniente, para todas las zonas de producción, es sembrar en los primeros meses de la época lluviosa: que van desde mayo hasta julio. De esta forma, la planta alcanza un buen desarrollo y empieza a producir en los primeros meses de la época seca: noviembre y diciembre, con lo que se logran dos objetivos importantes: tener una planta bien desarrollada para el inicio de la producción y obtener la mayoría de la cosecha en época seca y con la mejor calidad, esto con la finalidad de evitar enfermedades y producciones deficientes, si desea sembrar durante la época seca, va depender del mercado internacional cuando presenta los mejores precios para la fruta fresca. Si se siembra durante la estación seca, la producción se obtiene en la época lluviosa, es donde se presentan mayores problemas fitosanitarios en

la planta y en la fruta, además disminuye la producción y la fruta se ensucia. Su crecimiento depende de las condiciones de luz y temperatura. (Margalina, 2016) (Revista El Agro, 2013) (Hydro Environment.com.mx)

Para que su desarrollo sea adecuado, se requiere para la planta un sistema de drenaje adecuado, para ello se utilizan y recomiendan sustratos como: perlita, vermiculita, fibra de coco, o tezontle. La fresa al ser una planta perenne (tiene hojas verdes todo el año) y debido a su forma de crecimiento, está formando tallos nuevos constantemente. La propagación de la fresa se logra a través de plantas madre, mismas que deben encontrarse en perfecto estado (sin daños mecánicos o por plaga), sin flores o botones florales. Podemos propagarla de distintas formas y en diferentes sistemas (Hydro Environment.com.mx)

#### ***2.1.4 Características geométricas, diámetros, peso, rugosidad***

No se encontraron tablas con dimensiones donde se especifique la forma, tamaño y peso para cada clase y variedad de fresas por ende se debe realizar un estudio para determinar las características geométricas como su peso, tamaño, diámetro etc. y las variedades de fresas que se cultiva en el Ecuador.

## **2.2 Métodos para la clasificación de la fresa**

Según la literatura consultada existen dos formas de clasificación de frutas de forma manual y mecánica.

### ***2.2.1 Clasificación manual***

Es una de las formas más simples y económicas pero con altos recursos humanos y exceso de tiempo en la clasificación.

La clasificación por tamaño es muy útil debido a que ciertos tamaños reciben un valor mayor que otros en el mercado. A continuación se presenta en la tabla.3-2 los principales métodos de clasificación manual. (Reyes, 1988)



Tabla 4-2: Métodos y Principios de la clasificación mecánica.

MÉTODO	FUNCIONAMIENTO	PRINCIPIO	FIGURA
<b>CLASIFICACIÓN POR CILINDROS ROTATORIOS</b>	El cilindro rotatorio clasificador se compone de cinco cilindros perforados que rotan cuando se pone en marcha. Cada cilindro está perforado, con agujeros para permitir que las frutas caigan a través de ellos.	Por tamaño	
<b>CLASIFICADORA POR RODILLOS</b>	Las frutas se transportan ahora a una sección con cinco ejes en ángulo, con el diámetro que se reduce paso a paso.	Por tamaño	
<b>CLASIFICADORA DE CORREAS DIVERGENTES</b>	Está basado en un número de correas que se mueven a la misma velocidad. La distancia interna entre las mismas aumenta a medida que el producto es transportado a lo largo de la máquina.	Por tamaño	

Realizado por: Cristian Bonifaz, Marco Pallasco. 2017

Fuente: (Reyes, 1988)

Revisando la bibliografía los autores llegan a la conclusión que el mejor método de clasificación mecánica de fresas es el método por correas divergentes, este método no causa ningún tipo de daño a la fruta durante el proceso de clasificación y puede ser la mejor opción para nuestro requerimiento.

### 2.3 Características de máquinas clasificadoras de frutos con similares características de la fresa existentes en el mercado

Realizando el estudio se encontraron máquinas que realizan la clasificación de frutos con similares características a la fresa, estas frutas o verduras que deben ser clasificadas se colocan sobre una línea de desplazamiento, generalmente de rodillos, que las introduce

en la máquina. En el área donde se lleva a cabo la clasificación se colocan una especie de moldes, mismos que tienen tamaños predefinidos y que sólo permiten el paso de frutas o verduras de ese tamaño en específico. Luego de ser separadas, las frutas y verduras son conducidas por la misma banda de rodillos a través de conductos que las depositan en los contenedores.

A nivel nacional no existe una gama de este tipo de máquinas para la clasificación de frutas, pero existen una gran variedad a nivel mundial para la clasificación de otro tipo de frutos con una forma geométrica similar a la fresa. A continuación en la tabla.5-2 presentamos algunos modelos de clasificadoras de frutos encontrados.

Tabla 5-2: Máquinas clasificadoras de frutos con características similares a la fresa.

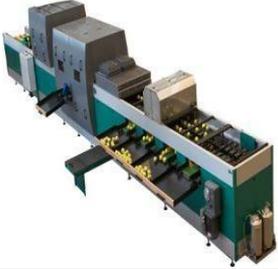
<b>NOMBRE</b>	<b>MÉTODO</b>	<b>FIGURA</b>
<b>MAQUINA JERSA</b>	Clasifica por su tamaño y de manera continua, frutas y verduras por medio de rodillos paralelos de apertura progresiva que avanzan al tiempo que permiten el paso de los diferentes tamaños de producto.	
<b>GREEFA GEOSORTIII</b>	Clasifica por óptica y peso, la descarga lateral en cepillos Greefa ha optado por el conocido manto Greefa, que es insensible al desgaste. Las ventajas del manto Greefa es que la velocidad de clasificación no tiene ningún efecto sobre el tratamiento de las frutas.	
<b>MULTISCAN S30 TG</b>	Por calidad de tomates, en base a color, forma y defectos Visión mediante 2 cámaras digitales de alta resolución. Producción: hasta 600.000 frutos / hora gracias a la opción de autorregulación.	

Tabla 5-2: (Continuacion) Clasificadoras de frutos con características similares a las fresa.

<b>MULTISCAN I5 TOMATO</b>	Basado en el tamaño y color del fruto. Construida en acero inoxidable y materiales poliméricos de calidad alimentaria. Transporte sobre rodillos individuales. Admite frutos de un tamaño máximo de eje mayor que 38 mm y eje menor de 17 a 32 mm	
<b>MULTISCAN I5 CHERRY BASIC</b>	Basado en el tamaño, color y defectos de la fruta. Transporte sobre rodillos individuales. Producción (cereza): 150.000 frutos/hora para un porcentaje de carga del 70%	

Realizado por: Cristian Bonifaz, Marco Pallasco. 2017

Fuente: MULTISCAN TECHNOLOGIES, S.L.

A continuación se presenta la tabla 6-2 con la información técnica, teniendo en cuenta que las máquinas consultadas poseen las mismas características y parámetros dado por la Empresa: Multiscan Technologies, S.L.

Tabla 6-2. Modelos de máquinas basadas en su principio.

<b>Modelo</b>	<b>Principio</b>	<b>Características</b>
<b>MAQUINA JERSA</b>	Clasificación por tamaño.	Clasificación de frutas y verduras. Tamaño regulable.
<b>GREEFA GEOSORTIII</b>	Clasificación óptica por peso y tamaño.	Ningún daño a la fruta o verdura.
<b>MULTISCAN S30 TG</b>	Clasificación óptica por color, forma, defectos.	Ideal para tomates. Alta producción hasta 600 000 frutos/ hora.
<b>MULTISCAN I5 TOMATO</b>	Clasificación por tamaño y color.	Ideal para tipos de tomates. Tamaños máximo 38 mm y mínimo entre 170 y 32 ms.
<b>MULTISCAN I5</b>	Clasificación en base al color, tamaño y defectos de la fruta.	Ideal para cerezas. Capacidad de 150 000 frutos/hora para una carga del 70%.

Realizado por: Cristian Bonifaz, Marco Pallasco. 2017

Fuente (MULTISCAN TECHNOLOGIES, S.L)

Tabla 7-2: Características y datos técnicos.

MODELO	INFORMACIÓN TÉCNICA
<b>MÁQUINA JERSA</b>	Tensión de alimentación: 230 Vca. $\pm 10\%$ Monofásico, 50/60Hz. -Potencia: 4.5 kW.
<b>MULTISCAN S30 TG</b>	-Consumo neumático: para un 35% de expulsión 750l/min. -Temperatura de funcionamiento almacenamiento: 10~45 °C/ 5~50 °C. -Humedad relativa de funcionamiento almacenamiento: 80% sin condensación.
<b>MULTISCAN I5 TOMATO</b>	-Presión neumática de conexión: 8 bares. -Presión neumática de trabajo: 6 bares. -Peso: 700 K. (Incluyendo armario eléctrico)
<b>MULTISCAN I5</b>	-Producción: 4000kg/h para un fruto de tamaño medio 24-26 (unos 8g por fruto).

Realizado por: Cristian Bonifaz, Marco Pallasco. 2017

Fuente: (MULTISCAN TECHNOLOGIES, S.L)

## 2.4 Normas que rigen para la construcción y la manipulación de alimentos

Se realizara una revisión de las diferentes normas que regirán el diseño, el cual será basada en estándares nacionales e internacionales con esto se pretende tener una máquina que cumpla con todas las características de diseño y cumpla con la norma de manipulación de alimentos.

### 2.4.1 Norma CEP-INEN 01:1987

Norma ecuatoriana que enfoca su uso a la manipulación de alimentos con prácticas generales de higiene, incluso el cultivo y recolección, preparación, elaboración, envasado, almacenamiento, transporte, distribución y venta de alimentos para el consumo humano para garantizar un producto sano y saludable.

### 2.4.2 Reglamento Técnico Ecuatoriano. RTE INEN 131 “SEGURIDAD E HIGIENE DE MAQUINARIA PARA PROCESAMIENTO DE ALIMENTOS”

Establece los parámetros de seguridad e higiene que debe cumplir la máquina con el objetivo de proteger la seguridad, la vida y la salud de las personas y medio ambiente.

### **2.4.3 UNE-EN 1672-2:2006 +A1:2009**

Maquinaria para procesado de alimentos conceptos básicos. Parte 2: requisitos de higiene.

### **2.4.4 ISO 14159:2002 (E)**

Seguridad de las máquinas. Requisitos de higiene para el diseño de las máquinas

## **2.5 Metodologías de procesos de diseño**

Método. Es una forma de proceder específica y ordenada para llegar a un determinado fin. Sus principales características son:

- a) Es un procedimiento racional;
- b) Es un procedimiento general, aplicable a cualquier caso particular;
- c) Es observable y reproducible por cualquier persona. (Riba, 2002 pág. 69)

- *Diseño*. Es el conjunto de actividades designadas para crear y definir un en todas las determinaciones necesarias para su posterior realización y utilización. El resultado final se expresa mediante maquetas, documentos, y planos. (Riba, 2002 pág. 70)

- *Metodología*. Estudia los métodos que van a ser aplicados a las actividades de diseño y que responden a dos cuestiones principales: (Riba, 2002 pág. 71)

### **2.5.1 Procesos de diseño**

El diseño es una parte fundamental en el proceso de elaboración de cualquier producto ya que ingresan una variedad de datos que nos ayudan a tener un enfoque más amplio de lo que se va realizar por ende tenemos diferentes tipos de diseño que detallamos a continuación. (Riba, 2002 pág. 78)

- *Diseño conceptual*. Es la fase inicial de desarrollo de un producto, en particular cuando se trata de diseñar productos innovadores o cuando se requiere generar un diseño completamente nuevo de un producto ya existente.

- *Producto*. Es un resultado de la actividad del hombre (en el contexto de esta obra, un objeto, aparato, máquina o sistema; en otros contextos, también un material o un servicio) concebido y realizado para satisfacer alguna de sus necesidades. (Riba, 2002 pág. 70)

### **2.5.2 Metodología del diseño según Carles Riba i Romeva**

Las actividades de diseño (separadas de las de producción) consisten, pues, en transformar unas necesidades o una idea, en una propuesta de producto y expresarlo en una forma que pueda ser materializado (Riba, 2002)

Las actividades de desarrollo (que incluyen las de diseño), también previas al lanzamiento del producto, tienen por objeto preparar el entorno productivo para hacer posible su fabricación y comercialización. (Riba, 2002)

- *Ciclo básico del diseño*. Es una parte del método de resolución de problemas cuyas actividades se dirigen desde los objetivos (las funciones) hacia los medios (el diseño). El ciclo básico de diseño utiliza una terminología propia con contenidos (Riba, 2002 pág. 72)

- *Problema práctico*. La realidad no siempre está de acuerdo con nuestros valores y preferencias; por lo tanto, queremos transformar la realidad. El problema se sitúa en el área de los juicios de valor en el dominio mental. (Riba, 2002 pág. 77) (Revelo, 2017)

- *Análisis*. El primer paso parte del enunciado del problema y, en base al análisis de las funciones técnicas, económicas, ergonómicas, y ambientales del producto. (Riba, 2002 pág. 72) (Revelo, 2017)

- *Síntesis*. El segundo paso consiste en la generación de una o varias propuestas para la solución (diseños iniciales, aún no simulados ni evaluados) y a partir de la unión de distintos elementos, ideas y filosofías de diseño (Riba, 2002 pág. 73) (Revelo, 2017)

- *Simulación*. El tercer paso busca obtener el comportamiento del diseño inicial. Dado que este diseño inicial suele estar definido por modelos (estructura funcional, principios de funcionamiento, planos de definición) no siempre adecuados para estudiar sus comportamientos. Comprende dos semi pasos diferenciados y varios caminos posibles a recorrer: (Riba, 2002 pág. 73) (Revelo, 2017)

El primer semi paso: busca establecer modelos adecuados de los diseños iniciales (prototipos virtuales o físicos) representativos de uno o más de sus aspectos. (Riba, 2002 pág. 73)

El segundo semi paso: busca obtener el comportamiento de la simulación de los prototipos por medio de la deducción o del ensayo. (Revelo, 2017)

Caminos posibles a recorrer son: (Riba, 2002 pág. 73)

a) La ejecución de prototipos virtuales con modelos informáticos para la obtención de sus comportamientos normalmente se realiza con herramientas informáticas. (Riba, 2002 pág. 73) (Revelo, 2017)

b) La materialización de prototipos físicos totales o parciales para la obtención de sus comportamientos mediante ensayos. (Riba, 2002 pág. 73) (Revelo, 2017)

c) En ciertos aspectos relacionados con los juicios de valor por ejemplo, la estética y otras percepciones, la simulación de los diseños iniciales puede basarse en encuestas en experiencias cualificadas. (Riba, 2002 pág. 73) (Revelo, 2017)

- *Evaluación*. Establece la utilidad, la calidad la eficacia, y la aceptación de las soluciones en base a contrastar los comportamientos de los prototipos de los diseños iniciales obtenidos por simulación, ensayo u opinión, con las especificaciones establecidas anteriormente. (Riba, 2002 pág. 73) (Revelo, 2017)

- *Decisión*. Una vez evaluados los comportamientos de las soluciones candidatas, hay que encontrar la mejor alternativa. (Riba, 2002 pág. 74) (Revelo, 2017)

a) Elegir un diseño inicial: es el diseño aceptado que origina la siguiente etapa de proceso de diseño o de fabricación; (Riba, 2002 pág. 74) (Revelo, 2017)

b) Establecer una nueva iteración: se realiza en una de las etapas anteriores especialmente en la síntesis de soluciones con la introducción de determinadas propuestas de mejora; (Riba, 2002 pág. 74) (Revelo, 2017)

c) En casos extremos: aquellos resultados muy desfavorables y la falta de nuevas perspectivas los cuales pueden abandonar el diseño. (Riba, 2002 pág. 74) (Revelo, 2017)

En la siguiente figura 1-2 se resumen todos los pasos para el desarrollo del ciclo básico de diseño.

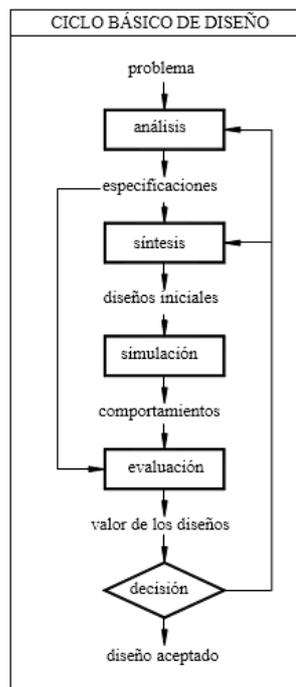


Figura 1-2. Ciclo basico de diseño.

Fuente: (Riba, 2002 pág. 76)

El ciclo básico de diseño es la unidad fundamental que aplica de forma iterativa a lo largo del proceso de diseño en una secuencia de espiral convergente donde cada vez las soluciones encontradas se aproximan más a los objetivos y requerimientos del problema. Sin embargo, debido a su carácter general y abstracto, no ofrece el suficiente alcance para establecer una metodología de diseño, por lo que conviene estructurar el proceso de

diseño en grupos de actividades relacionadas que conduzcan a ciertos estados de desarrollo mostrada en la tabla. 8-2. (Riba, 2002 pág. 78)

Tabla 8-2: Etapas sucesivas del diseño.

ETAPAS		DEFINICIÓN	RESULTADOS
1	Definición del producto	Hace referencia a una idea o a determinados aspectos sobre el producto, pero no tiene el nivel de concreción suficiente para permitir iniciar los trabajos de diseño con garantías de acierto.	Especificación
2	Diseño conceptual	Hace referencia a las especificaciones del producto, origina alternativas de solución y luego elige la alternativa más conveniente	Principios de solución, estructura funcional, estructura modular
3	Diseño de materialización	Luego de obtener una solución el producto debe materializarse a través de un conjunto organizado de elementos. Piezas, componentes enlaces que harán realidad el producto.	Planos de conjunto
4	Diseño de detalle	Su objetivo es el despliegue de todos los documentos para la construcción del producto, Los resultados del diseño de detalle son los planos de las piezas y conjuntos específicos, la documentación de los componentes de mercado incorporados y la relación de piezas y conjuntos (o módulos)	Planos de pieza, documentos de fabricación

Realizado por: Cristian Bonifaz, Marco Pallasco. 2017

Fuente: (Riba, 2002 pág. 78) (ESPOCH, 2017)

## **CAPÍTULO III**

### **3 DISEÑO DE CONCEPTO DE UNA MÁQUINA CLASIFICADORA DE FRESAS**

El capítulo tiene por objetivo el desarrollo de la metodología general para efectuar el proceso de diseño de una máquina clasificadora de fresas llegar a proponer el concepto de la máquina referida. Para ello en este capítulo se presenta la metodología del diseño ver fig. 1-3 para una máquina clasificadora de fresas, logrado a partir del estudio del estado del arte del proceso del diseño y siguiendo la metodología que propone el diseño conceptual de la máquina clasificadora de fresa.

#### **3.1 Metodología para el diseño de la máquina clasificadora de fresas**

A partir de la revisión de la bibliografía sobre el diseño concurrente, (Riba, 2002) (Pahl&Beitz, 1984), (French, 1985), (Alemanes, 1987), (Archer) en la figura 1-3 se muestra la metodología que proponemos para el diseño de una máquina clasificadora de fresas. La metodología propuesta consta de cuatro etapas a saber: estudios previos, diseño del concepto, diseño de detalle y diseño de materialización. Estas etapas son cíclicas e integradas. En cada etapa se desarrollan varias actividades siguiendo la lógica del proceso de diseño mecánico. Para cada actividad, en la medida de lo factible, se indican los métodos empleados para su ejecución.

En la etapa de estudios previos se debe hacer la revisión de la bibliografía sobre el proceso de diseño, las características de las máquinas clasificadoras de fresas empleadas hoy en el mundo para esta actividad, determinar los principios de trabajo etc. Además es fundamental obtener información sobre el material a procesar, la fresa, dimensiones geometrías, peso entre otras características básicas para el diseño de la máquina. Si estas características de las frutas no se disponen entonces, se deben efectuar estudios de caracterización para su determinación experimental en el área de acción de la máquina.

El diseño del concepto es esencial para continuar con la siguiente etapa. En esta, empleando diferentes métodos, como lista de requerimientos, mapa de objetivos o despliegue de la función de calidad, se determinan los requerimientos técnicos, los cuales deben tener los criterios de clientes, proyectista y el estado de la competencia de productos similares en el mercado. Sobre esta información se realiza el análisis de las funciones y de la estructura morfológica para desarrollar estas funciones. Quedando así el concepto definido del producto.

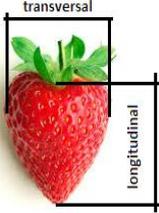
En la etapa de diseño de materialización, con la ayuda de software SolidWorks, manuales técnicos, catálogos etc., se realizan los cálculos que garantizan la funcionalidad y resistencia mecánica de los elementos de la máquina. Finalmente en la etapa de diseño de materialización se elaboran planos de detalles como dimensión de piezas, medidas entre otros parámetros, y se realizaran procedimientos y métodos para la evaluación del diseño ya sea virtual o través de la construcción de prototipos físicos.

### **3.2 Estudios previos**

A continuación se desarrolla todos los pasos de la Etapa Estudios Previos que establece la metodología del diseño de la máquina clasificadora de fresas según la metodología expuesta de la figura 3.1. En el Capítulo II Marco referencial sobre procesos de diseño y fabricación de máquinas clasificadoras de fresas, se desarrollaron los estudios previos de problema bajo investigación. A continuación se relacionan los aspectos esenciales de cada una de las actividades desarrolladas en esa etapa.

- *Estudio de campo*: Los resultados del estudio de caracterización de la geometría y peso de la variedad Albión que es la más cultivada en la región de Chimborazo, explicado en el capítulo II que se ofrecen en la tabla 1-3 características geométricas y peso de la variedad Albión según estudio de campo realizado (ver anexo B) en la región de Chimborazo.

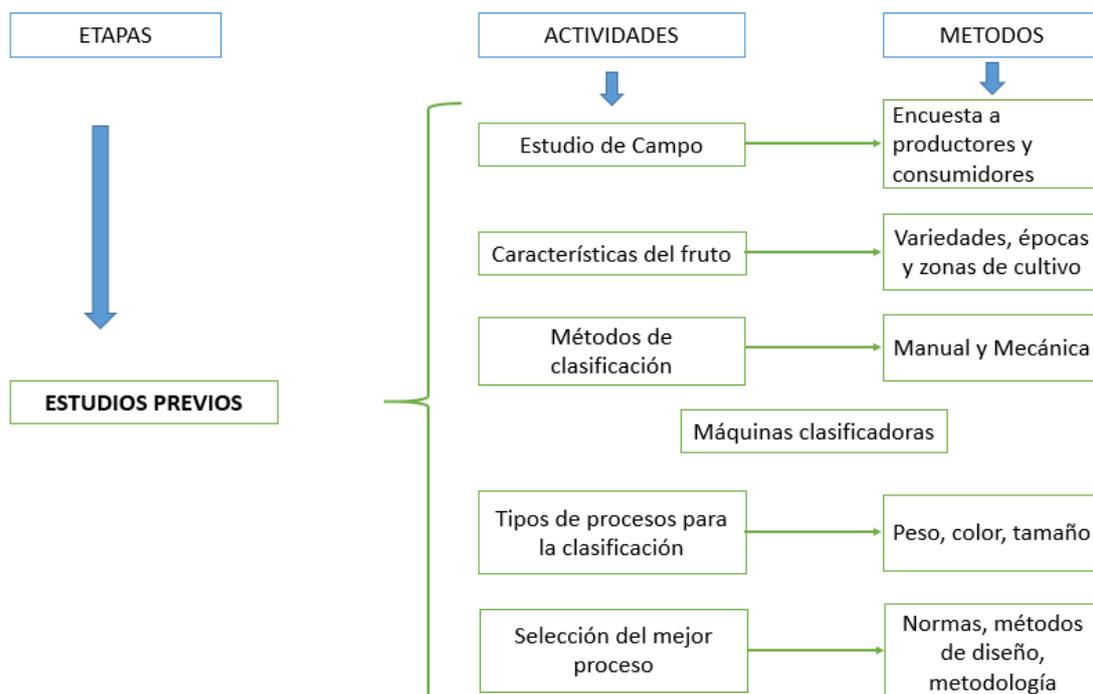
Tabla 1-3: Caracterización de la fresa.

	CLASE	MEDIA (PESO gr)	LONGITUDINAL (mm)		TRANSVERSAL (mm)	
			MAYOR	MENOR	MAYOR	MENOR
			PRIMERA	22,83	59	48
SEGUNDA	17,11	52	43	34	20	
TERCERA	13,06	45	34	30	19	
CUARTA	8,215	38	27	27	17	
QUINTA	5,2	32	16	24	17	

Realizado por: Cristian Bonifaz, Marco Pallasco. 2017

Fuente: Autores.

### 3.2.1 Metodología propuesta por los autores



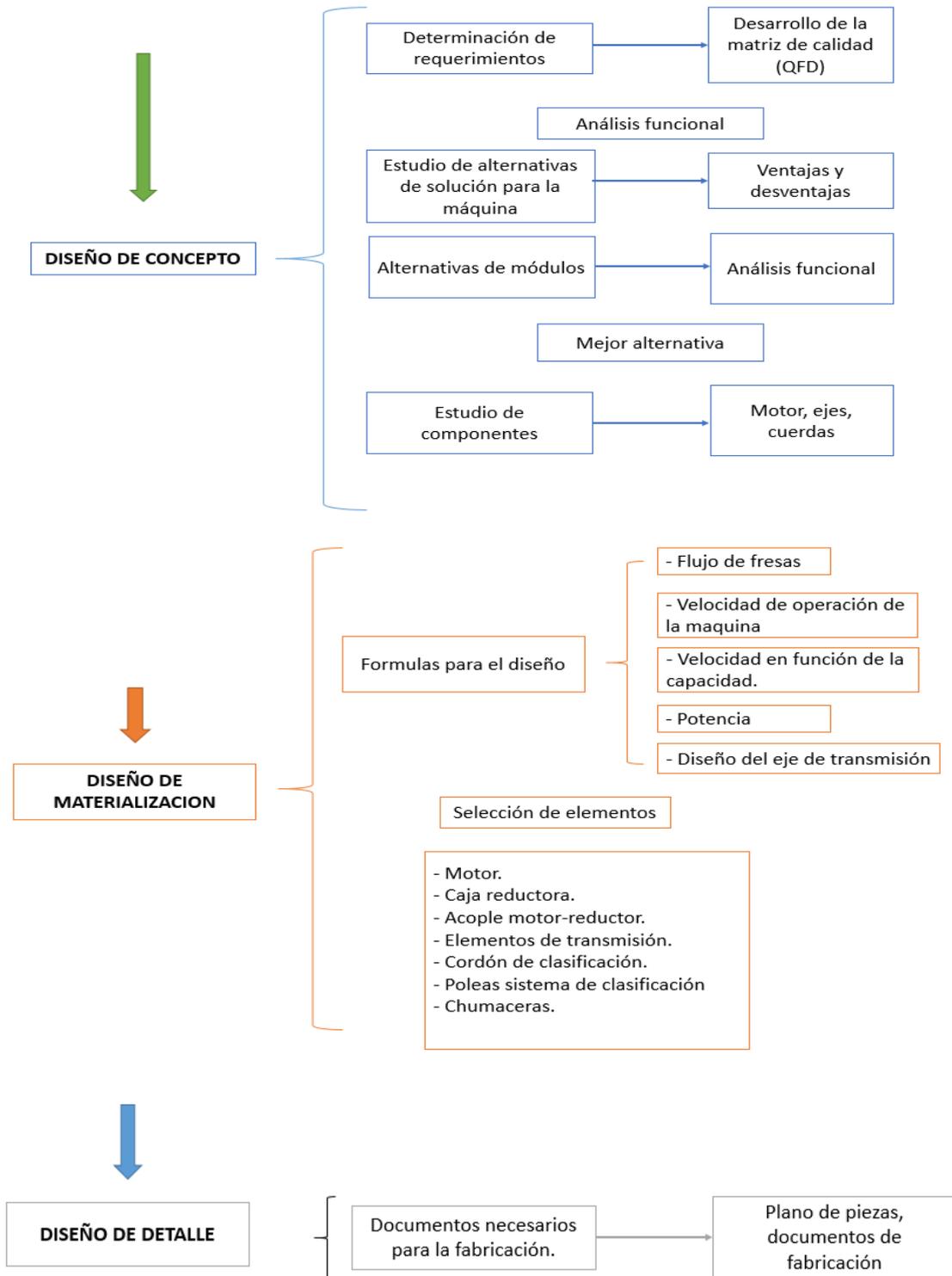


Figura.1-3 Metodología de diseño propuesta por los autores.

Realizado por: Cristian Bonifaz, Marco Pallasco. 2017

- *Características del fruto:* La revisión bibliográfica arrojó que las variedades sembradas en Ecuador, las épocas de cultivo y las zonas donde más se cultivan son las consignadas en la tabla 3-2. De estas variedades la Albión es la más cultivada en Chimborazo por ser más rústica y se adapta mejor al clima andino.

Tabla 2-3: Características más importantes de las fresas presentes en Ecuador.

<b>Características nutrimentales</b>	<b>Variedades</b>	<b>Épocas</b>	<b>Zonas de cultivo</b>
Grasas Proteínas vitaminas B1, B2, B3, C, E,	Oso Grande Diamante Monterrey Albión	Recomendable: Meses de Mayo, Junio, Julio	Pichincha Tungurahua Cotopaxi Chimborazo Zona del Austro

Realizado por: Cristian Bonifaz, Marco Pallasco. 2017

Fuente: (Revista El Agro, 2013)

- *Métodos de clasificación:* Los principios empleados para la clasificación mecanizada de frutos son el de forma, color y tamaño. Siendo la clasificación en base al tamaño del fruto el más empleado.

- *Herramientas para el diseño:* Finalmente de las herramientas empleadas para el diseño se consideró que el SolidWorks es un software factible para ayudar en la tarea del diseño de la máquina objeto de estudio.

### **3.3 Diseño conceptual de la máquina clasificadora de fresas según la metodología propuesta por los autores**

En esta etapa se ejecutaron por su orden: la determinación de requisitos y especificaciones técnicas para el diseño, el análisis funcional y el análisis morfológico, acorde la fig.3-1. Según se explica a continuación:

#### **3.3.1 Determinación de las especificaciones y requerimientos de la máquina**

La maquinaria para el procesamiento de alimentos en su diseño debe cumplir lo establecido en la norma UNE-EN 1672-2:2006+A1:2009 vigente, cumpliendo con aspectos importantes contemplados en la normativa de manipulación de alimentos y debe

ser de uso y operación sencilla cumpliendo con parámetros básicos de funcionamiento y principalmente procurando que la fruta no sufra ningún tipo de daño por contaminación o mecánico.

Para establecimiento de especificaciones técnicas se utilizara el método desarrollo de la FUNCIÓN DE CALIDAD QFD (Quality Function Deployment). A partir de cual fue posible como ingenieros se determina las especificaciones técnicas para mediante el método de ingeniería concurrente denominado casa de la calidad donde se analiza y se trabaja en grupo tomando muy en cuenta los requerimientos del patrocinador o cliente (voz del usuario) y el análisis técnico (voz del ingeniero) para obtener como resultado una máquina que satisfaga las necesidades para la que fue diseñada, su vida útil y se obtenga un producto de mejor calidad con una planificación adecuada (Riba, 2004) (Changuan, 2016)

- *Voz del usuario.* La voz del usuario representa los requerimientos básicos y las características con las que debe contar la máquina seleccionadora de fresas. (Riba, 2004 pág. 179)

- Clasificación de la fruta de acuerdo con el tamaño de frutas requeridas en el mercado.
- Buena presentación del producto clasificado.
- Funcione con electricidad.
- Fácil operación.
- Fácil mantenimiento.
- Fácil dosificación y extracción del producto.
- Capacidad de selección de 100 kg/h.
- Buena clasificación de la fruta.
- Máquina ligera en peso.

- *Voz del ingeniero.* En esta sección se convierte las necesidades del usuario a características técnicas que son: (Riba, 2004 pág. 180)

- Dimensiones de la fresa.
- Tolerancia.



### 3.3.2 *Resultados de la matriz de calidad QFD*

Los resultados de la matriz QFD más importantes que se debe tomar en cuenta para el diseño de la maquina clasificadora de fresas son las enumeradas a continuación:

- **Costos:** en el diseño de la maquina se debe optimizar la mayor cantidad de recursos teniendo en cuenta el costo final de la máquina y demostrar que nuestra propuesta es formar una fuente de producción en máquinas seleccionadoras de nuestro producto que va dirigido a pequeños y medianos productores.
- **Complejidad de la maquina:** se debe tomar en cuenta la disponibilidad de materiales en el mercado local y optimizar los recursos con un nivel de complejidad bajo.
- **Mantenimiento:** la maquina debe contar con la facilidad del mantenimiento, montaje y desmontaje de componentes sabiendo que su operación será en zonas rurales en las cuales se necesite de desmontaje inmediato.
- **Flujo de frutos:** la maquina debe ser capaz como mínimo de clasificar 100 kg/h de la fruta si se obtiene una capacidad mayor el diseño será óptimo.
- **Peso:** el peso tiene que ser moderado y en lo posible la facilidad de transporte sin sufrir daño alguno.
- **Operación:** el objetivo de la maquina es reducir el número de personas en la clasificación de la fruta, la maquina debe ser operada por un número mínimo de personas.
- **Diferentes diámetros:** la maquina debe ser capaz de clasificar la fresa en sus diferentes tipos o clases dependiendo de sus diámetros y así brindar un producto clasificado que será más apetecido en el mercado.
- **Normativa:** La maquinaria para el procesamiento de alimentos en su diseño debe cumplir lo establecido en la norma UNE-EN 1672-2:2006+A1:2009 vigente.

### 3.3.3 *Especificaciones técnicas*

Luego de analizar la matriz QFD se presenta a continuación la tabla con las especificaciones técnicas que tendrá la máquina clasificadora de fresas realizada a parte de los anteriores y otros criterios técnicos.

Tabla 4-3: Especificaciones técnicas de la máquina clasificadora de fresas.

<b>Diseñadores:</b> Marco Pallasco Cristian Bonifaz		<b>Denominación</b> Máquina clasificadora de fresas a razón de 100kg/h		<b>Fecha inicial:</b> 10-05-2016 <b>Última revisión:</b> 12-05-2017	
Hoja N:1					
<b>Características:</b>					
<b>Denominación</b>		<b>Fecha</b>	<b>Propone</b>	<b>R/D</b>	<b>Descripción</b>
<b>Función</b>			D	R	Clasificación de fresas a razón de 100 kg/h
<b>Energía</b>			C	R	Energía eléctrica 110 V.
<b>Materiales</b>			C	R	Acero Inoxidable 304.
<b>Vida útil</b>			D	D	Vida útil 90%
<b>Mantenimiento</b>			D	R	Mantenimiento de forma fácil y segura
<b>Dimensiones</b>			C	D	Altura máxima de 1.2 m
<b>Seguridad y ergonomía</b>			C	R	El nivel de ruido no debe exceder un máximo de 60DB.
<b>Construcción y montaje</b>			D	R	clasificación de fresas por tamaño
Propone: R/D: D= Deseo, MR= Modificación de requerimiento, C= Cliente, M= Márketin, R= Requerimiento, D= Diseño, P= Producción, F= Fabricación.					

Realizado por: Cristian Bonifaz, Marco Pallasco. 2017

Fuente: Autores

### 3.3.4 Análisis funcional

La función principal de la máquina es seleccionar fresa por diferentes tamaños, por tanto para que esto sea posible se requiere de operaciones en segunda instancia las que permiten que esta operación se realice. A continuación se presenta una figura con las variantes que grafican la función principal de la máquina:

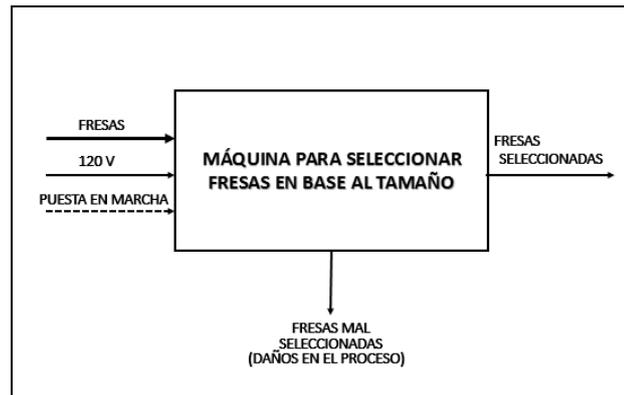


Figura. 2-3 Función primaria de la máquina.

Fuente: autores

Para un primer nivel las variables que ingresa son:

- Fresas todos los tamaños.
- Fuente de energía 120 V.
- Señal de puesta en marcha.

Las variables que salen son

- Fresa seleccionada por tamaños.
- Fresas mal seleccionadas o dañadas en el proceso.

### 3.3.5 Definición de módulos

Realizar la estructura modular facilitara el mantenimiento del producto, ayudara a la reducción de costos, tiempo. Para ello se divide en varios bloques funcionales. Como la maquina presenta un proceso simple para clasificar la fresa se utilizará un solo módulo. (Changuan, 2016)

En la figura. 3-3 Se muestra el módulo de la máquina con el fin de sintetizar el proyecto, con sus respectivos procesos y funciones, las cuales trabajan sincronizadas por cada elemento que conforma la máquina clasificadora de fresa, esto nos facilitara visualizar cada proceso y las señales que tendrá a la entrada y salida de la máquina. (Changuan, 2016)

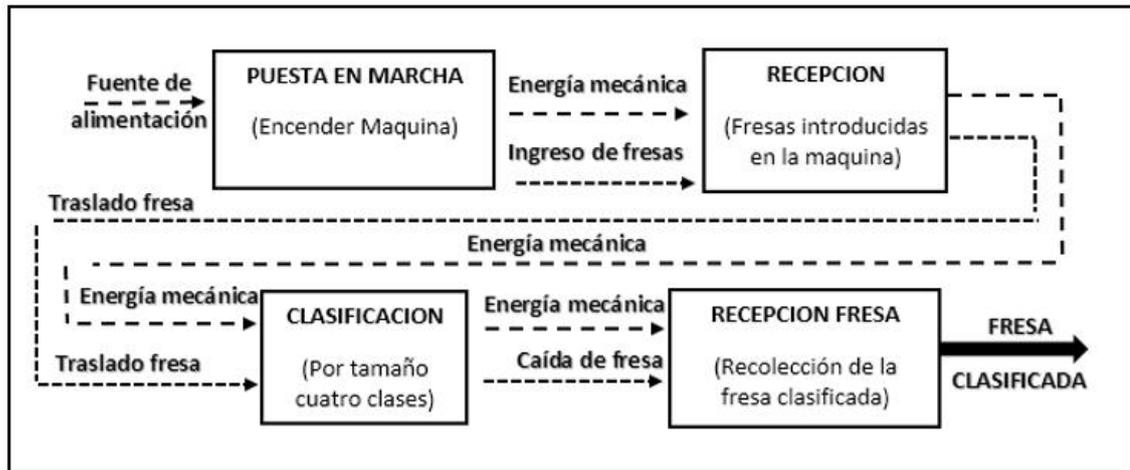


Figura. 3-3: Función secundaria de la máquina clasificadora de fresas.

Fuente: Autores

### 3.3.6 Estudio de alternativas de solución para la máquina.

En la figura anterior nos muestra la estructura modular de la máquina clasificadora de fresas que tiene como función principal la clasificación de fresas por tamaño a razón de 100kg/h, en el cual se analiza cada uno de los sistemas que requieren ser seleccionados y diseñados para esto se planteara alternativas y se elegirá la mejor que se adapte a nuestra necesidad.

Las etapas del funcionamiento de la máquina que requieren de un diseño son:

- Puesta en marcha.
- Recepción
- Clasificación.
- Recepción de la fruta clasificada.

### 3.3.1.1 Puesta en marcha

Es el inicio de funcionamiento de la máquina, se refiere al encendido del motor el cual generará la potencia y velocidad para el movimiento de cada uno de los componentes que requieren operar bajo condiciones de fuerza y velocidad,

- *Generación de fuerza mecánica.* Del análisis de las fuentes energéticas la mejor variante se considera la de un motor para generación de fuerza necesaria para mover los componentes así también de una caja reductora para garantizar las revoluciones de trabajo requeridas el proceso de clasificación de la fresa por tamaños. En la figura (4) se observa un sistema de motor y acoplado un moto reductor.



Figura. 4-3: Motoreductor

Fuente: (Ringspann Iberica S.A)

#### **Ventajas.**

- Permite generar la fuerza y velocidad necesaria para el proceso de selección de la fresa.
- Se puede controlar la velocidad necesaria con un variador de frecuencia.
- Fácil montaje.

#### **Desventajas.**

- Sistema elevado en costo por la necesidad de un sistema moto reductor.
- El acoplamiento debe ser totalmente lineal para evitar daños en los componentes.
- Desgaste de los elementos con el tiempo de uso.

### 3.3.1.2 Recepción

Una vez que el operador ponga en marcha el equipo se buscará la mejor alternativa para la recepción de la fresa y traslado hacia el sistema de clasificación, este sistema será el encargado de recibir el fruto y transportarlo hacia el mecanismo de selección sin causar daños y evitando todo tipo de contaminación. Este sistema estará construido de materiales que no afecten ni contaminen la fruta cumpliendo con los parámetros de salubridad.

Existen dos maneras para cumplir con este sistema.

- Por tolvas.
- Banda transportadora.

- *Las tolvas:* Son bandejas la cual su función principal es guiar el producto hacia el interior de la máquina para su clasificación. Pueden ser cuadradas, rectangulares y cónicas. (Changuan, 2016)

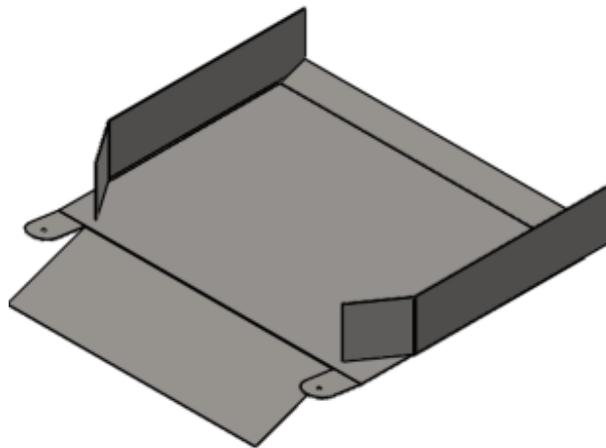


Figura. 5-3: Tolva

Fuente:Autores

#### **Ventajas:**

- Permiten acumular gran cantidad de producto.
- Guían el producto hacia el proceso de la máquina.
- Su construcción es simple y sencilla.

### **Desventajas:**

- Sus dimensiones provoca mayor robustez a la máquina y una mayor altura
- Sufrirá daño considerable si el fruto por la altura de la tolva es manipulado y transportado hacia el sistema de clasificación de la una forma inadecuada.

- *Banda transportadora:* Es un sistema de transporte continuo formado por una banda continua que se mueve entre dos tambores.



Figura. 6-3: Banda transportadora

Fuente: (Unicapers )

### **Ventajas:**

- La fruta no se altera tampoco sufre daños en su transporte.
- Gran capacidad de transporte.

### **Desventajas:**

- Depende de un motor eléctrico.
- Controlar velocidad con un variador de frecuencia.
- Costos elevados de fabricación.
- Costo elevado de instalación

#### **3.3.1.3 Mecanismo de selección**

Para el mecanismo de selección el principio de clasificación de fruto más adecuado es por tamaño para satisfacer este principio existen tres métodos importantes.

- Por cilindros perforados
- Por rodillos
- Por cables y poleas

- *Mecanismo de cilindros perforados.* Se compone de cinco cilindros perforados que rotan en un movimiento anti horario cuando se enciende el motor cada cilindro esta perforado con agujeros suficientemente grandes para permitir que las fresas caigan a través de ellos, el primer cilindro tiene los agujeros de diámetro más pequeño y el quinto tiene el diámetro más grande.

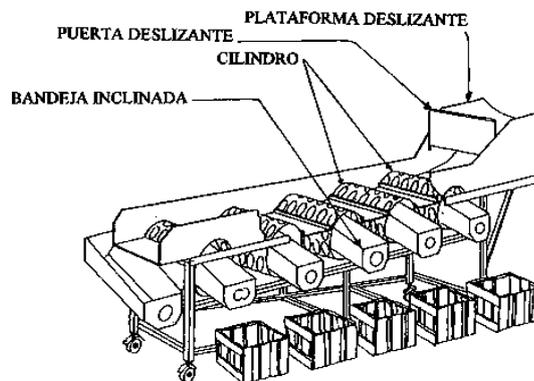


Figura. 7-3: Esquema clasificación por cilindros perforados.

Fuente: (Reyes, 1988)

#### **Ventajas:**

- Capacidad de selección en grandes cantidades.
- Fácil fabricación y montaje de los cilindros.
- Ideal para frutos de formas geométricas redondeadas.

#### **Desventajas:**

- Por el modo de operación puede dañar la fruta.
- Elevado costo de fabricación.

- *Mecanismo de rodillos.* La fruta llega hasta los rodillos de clasificación los cuales están asociados de dos en dos y rotan variablemente a medida que avanza la fruta los rodillos se expanden permitiendo así la caída de la fresa clasificada por tamaños, la velocidad de

los rodillos será regulada mediante un variador de velocidad mecánico, también está compuesto con un sistema de regulación del diámetro de los calibres.

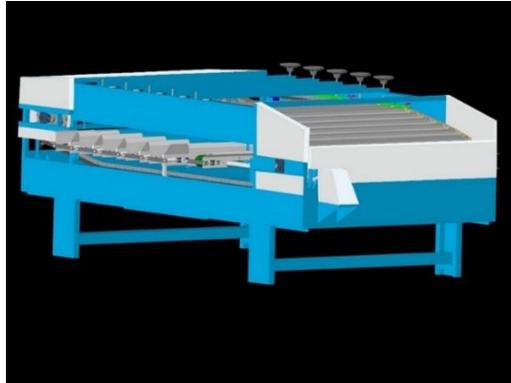


Figura. 8-3: Sistema de selección por rodillos.

Fuente: (HortoParts)

#### **Ventajas:**

- Sistema de clasificación por tamaños variables.
- Gran capacidad de selección.
- Velocidad variable.

#### **Desventajas:**

- Elevado costo de fabricación.
- Movimientos bruscos pueden dañar la fruta.
- Difícil desmontaje de los cilindros.

- *Mecanismo por cables y poleas.* La fresa llega hasta el mecanismo de selección por cables, los cuales están distribuidos por diferentes separaciones que serán los diámetros de la fresa dependiendo su clase, en la primera etapa se seleccionara las fresa de menor dimensión hasta la última que serán la de mayor diámetro, el fruto seleccionado caerá por gravedad hacia bandejas las cuales serán recogidos por los operadores.

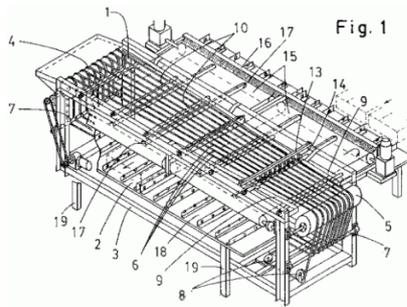


Figura. 9-3: Máquina de selección para frutos pequeños.

Fuente: (Patentados.com)

#### **Ventajas:**

- Fresa no sufre ningún tipo de daño mecánico o por contaminación.
- Gran capacidad de selección.

#### **Desventajas:**

- Mecanismo de selección nuevo en el mercado local.
- Costoso por la utilización de elementos.

#### **3.3.1.4 Recolección de fruta clasificada**

La fresa ya seleccionada por tamaño caerá por gravedad hacia bandejas ubicadas en la parte inferior del mecanismo de selección, las cuales tendrán un ángulo de inclinación y una altura adecuada para evitar que la fruta sufra daños en la caída para posterior ser retirada de las bandejas.

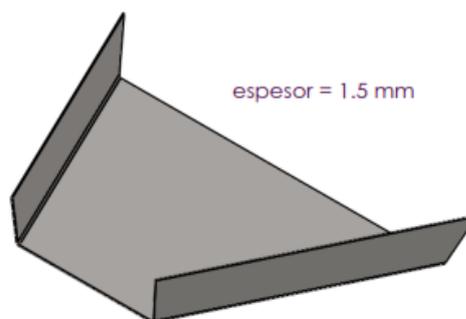


Figura. 10-3: Bandejas para caída de fresa clasificada

Fuente: Autores

### Ventajas:

- Fácil construcción y montaje
- Fácil retiro para lavado y limpieza.
- No contaminan la fruta.

### Desventajas:

- Por su inclinación y altura debe tener manipulación adecuada para evitar daños.

### 3.3.7 Alternativas de solución

Las alternativas mostradas anteriormente se combinan entre si cada una de las soluciones verificando que los componentes sean compatibles obteniendo soluciones viables. El resultado de estas combinaciones muestra 3 alternativas de solución partiendo de tres métodos de clasificación de fresas por tamaños.

Las alternativas encontradas, se deben tomar en consideración los requerimientos del usuario las cuales fueron representadas en la casa de la calidad. Se debe tomar muy en cuenta que sea compatibles a las soluciones para cada alternativa dada en la figura.11-3.

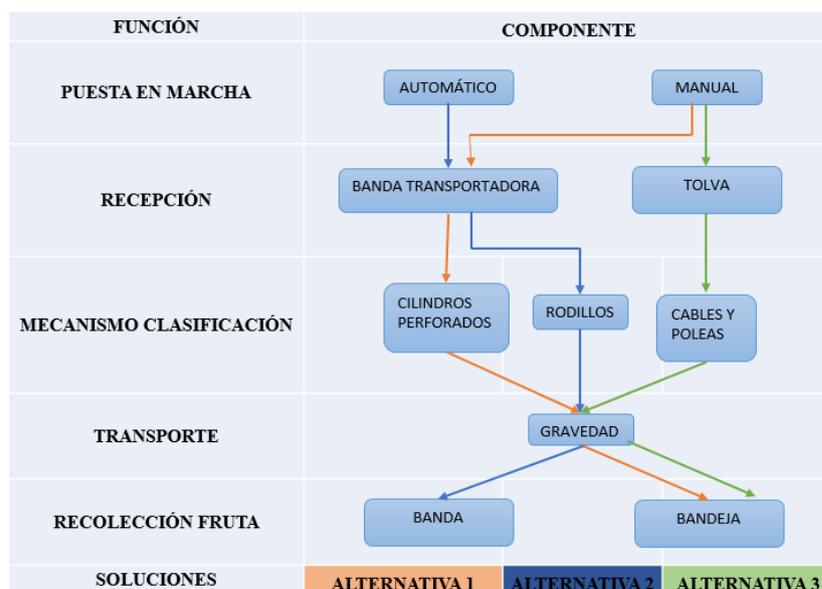


Figura. 11-3: Alternativas para el diseño de la máquina clasificadora de fresa.

Fuente: Autores

De las opciones mostradas se seleccionara el mejor utilizando el método ordinal corregido de criterios ponderados propuestos por el autor Carles Riba.

### 3.3.1.5 Alternativas de solución para cada módulo

Los conceptos que se proponen a continuación están basados en la necesidad de clasificar 100 kg / hora de fresa, y son propuestas por los autores.

Tabla 5-3: Alternativa número uno.

<b>Operación</b>	<b>Alternativa</b>
PUESTA EN MARCHA	Manual
RECEPCIÓN	Banda transportadora.
CLASIFICACIÓN	Cilindros perforados
TRANSPORTE	Por gravedad
RECOLECCIÓN FRUTA CLASIFICADA	Bandeja.

Realizado por: Cristian Bonifaz, Marco Pallasco. 2017

Fuente: Autores.

Con este método la fresa llega traída por el operador hasta la bandeja de recepción, evitando causar daños y que la fruta caiga lo más prudente posible por gravedad, luego de la recepción, la fresa pasara a través de una banda transportadora en esta etapa se desea obtener que el producto se ordene y acomode a lo largo y ancho de la banda para posterior pasar hacia un sistema de cilindros perforados de selección por tamaño y por gravedad la fresa seleccionada caiga a sus bandejas que estarán ubicadas en un extremo de la máquina.

#### **Desventajas:**

- Los cilindros perforados por estar compuesto de elementos rígidos presentan un problema el momento en el cual la fruta pasa por el mecanismo de selección está expuesta a sufrir daño ya sea por golpe o abrasión.

Tabla 6-3: Alternativa número dos.

<b>Operación</b>	<b>Alternativa</b>
PUESTA EN MARCHA	Automática
RECEPCIÓN	Banda transportadora.

Tabla 6-3:( Continuación) Alternativa numero 2

CLASIFICACIÓN	Rodillos
TRANSPORTE	Por gravedad
RECOLECCIÓN FRUTA CLASIFICADA	Banda.

Realizado por: Cristian Bonifaz, Marco Pallasco. 2017

Fuente: Autores.

Su accionamiento es automático mediante una programación se encenderá por un tiempo determinado, la fresa llega a los rodillos de transporte que conducen ordenadamente hasta el sistema de selección, los rodillos de selección están ubicados y separados a distancias requeridas por el usuario, la fresa selecciona cae por gravedad a una banda transportadora hacia la caja y posteriormente es retirada de las misma por el operador.

### Desventajas:

- Los rodillos hacen que la fruta pase por etapas en las cuales produce golpes y un rozamiento muy elevado pudiendo causar daños a la misma y en su presentación.

Tabla 7-3: Alternativa número tres.

Operación	Alternativa
PUESTA EN MARCHA	Manual
RECEPCIÓN	Tolva
CLASIFICACIÓN	Poleas y Cables
TRANSPORTE	Por gravedad
RECOLECCIÓN FRUTA CLASIFICADA	Bandeja.

Realizado por: Cristian Bonifaz, Marco Pallasco. 2017

Fuente: Autores.

La fruta es traída por el operador y colocada sobre la tolva evitando causar en su mayoría daños al fruto, posterior la fruta es conducida hacia un sistema de cables que se mueven a la misma velocidad, la distancia de separación entre cables aumenta a medida que se va avanzando y el producto es transportado a lo largo de la máquina, el fruto por tamaño cae hacia una bandeja por gravedad la cual conduce al producto hacia las bandejas para su posterior empaquetado y transporte.

### **Desventajas:**

- Controlar la velocidad de giro de las correas, su movimiento y velocidad sincronizada.

### **3.3.8 Evaluación de soluciones**

Después de cada despliegue de alternativas, corresponde hacer una evaluación de las mismas, que sirva de base para la posterior toma de decisiones. (Riba, 2002 pp. 59-60) (Revelo, 2017)

Para tomar una decisión deben estar presentes los siguientes elementos:

- *Alternativas.* Como mínimo se debe disponer de dos alternativas lo más adecuado es entre 3 y 6 cuyas características deben ser diferentes. (Riba, 2002 pp. 59-60) (Revelo, 2017)

- *Criterios.* Hay que establecer los criterios en base a los cuales las alternativas deberán ser evaluadas. Dado que todas las soluciones de ingeniería intervienen múltiples aspectos, hay que considerar de forma global, en todos los métodos de evaluación aparece el problema de ponderación de criterios. (Riba, 2002 pp. 59-60) (Revelo, 2017)

- *Método ordinal corregido de criterios ponderados.* Se recomienda este método 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. Está basado en tablas donde cada criterio se enfrenta con los restantes criterios y asigna los siguientes valores (Riba, 2002 pp. 59-60) (Revelo, 2017)

- 1 muestra: la solución es superior o mejor que el de las columnas.
- 0.5 muestra: la solución es igual o equivalente al de las columnas.
- 0 muestra: la solución es inferior o peor que el de las columnas. (Riba, 2002 pp. 59-60) (Revelo, 2017)

Mediante estos valores se procede a evaluar cada criterio obtenido de la matriz QFD y cuáles de los criterios influyen más en la máquina. (Changuan, 2016)

### 3.3.9 Criterios de evaluación del módulo

Para la valoración se tomara en cuenta los aspectos y parámetros más determinantes que nos permitirán obtener los siguientes criterios de valoración:

- *Norma RTE INEN 131 para la manipulación de alimentos.* Considera los parámetros fundamentales para utilización de materiales en la construcción de la máquina.

- *Precio.* Consideraciones de precios competentes en el mercado.

- *Clasificación de diámetros diferentes.* Clasificar dependiendo al tipo de clase y tamaño requerido en el mercado.

- *Capacidad.* Capaz de clasificar 100 kg/hora de fresas.

En la siguiente tabla se realiza la evaluación de los pesos específicos de cada uno de los criterios anteriores.

Tabla 8-3: Evaluación de cada criterio

Capacidad > Clasificación > Norma RTE INEN 131 = Precio						
Criterio	Norma RTE INEN 131	Precio	Clasificación diferentes diámetros	Capacidad	$\sum+1$	Ponderación
Norma RTE INEN 131		0,5	0	0	1,5	0,15
Precio	0,5		0	0	1,5	0,15
Clasificación diferentes diámetros	1	1		0	3	0,3
Capacidad	1	1	1		4	0,4
Sumatoria					10	1

Realizado por: Cristian Bonifaz, Marco Pallasco. 2017

Fuente: Autores.

A continuación se realiza la evaluación de los pesos específicos de las distintas soluciones para cada criterio.

En la siguiente tabla. 9-3 podemos observar los mecanismos y las soluciones planteadas para el diseño de la máquina sin embargo para lograr una selección del concepto más óptimo se hará una comparación entre los mecanismos principales de la máquina.

Tabla 9-3: Evaluación de alternativas referente a los componentes.

	<b>Alternativa 1</b>	<b>Alternativa 2</b>	<b>Alternativa 3</b>
<b>Puesta en marcha</b>	Manual	Automática	Manual
<b>Recepción</b>	Banda transportadora	Banda transportadora	Tolva
<b>Clasificación</b>	Cilindros perforados	Rodillos	Banda y poleas
<b>Transporte</b>	Gravedad	Gravedad	Gravedad
<b>Recolección de la fruta clasificada</b>	Bandeja	Banda	Bandeja

Realizado por: Cristian Bonifaz, Marco Pallasco. 2017

Fuente: Autores.

Tabla 10-3: Evaluación de las alternativas referentes a la recepción.

<b>Alternativas</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<b>Banda transportadora</b>	Mantiene el producto sobre una base firme sin que sufra daños.	Se debe seleccionar un material que sea útil y no pueda contaminar el producto.
<b>Tolva</b>	Puede organizar el producto a lo largo y ancho de la tolva para facilitar su selección.	Por el golpe pueden causar algún tipo de daño en el producto por su sensibilidad.

Realizado por: Cristian Bonifaz, Marco Pallasco. 2017

Fuente: Autores.

Tabla 11-3: Evaluación de las alternativas con respecto al Mecanismo de selección.

<b>Alternativas</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<b>cilindros perforados</b>	Capacidad de selección en grandes cantidades.	Posible fallo en la clasificación y daño al producto.

Tabla 11-3(Continuacion) Evaluacion de las alternativas con respecto al Mecanismo de selección.

<b>Rodillos</b>	Fácil fabricación y manejo	Maltrato al producto en el momento de la clasificación.
<b>Bandas y poleas</b>	Capacidad de selección en grandes cantidades y no daña al producto.	Método de clasificación nuevo en el mercado.

Realizado por: Cristian Bonifaz, Marco Pallasco. 2017

Fuente: Autores.

Tabla 12-3: Evaluación de soluciones respecto al cumplimiento de la Norma RTE INEN 131

Alternativa 1 = Alternativa 2 = Alternativa 3					
Norma RTE INEN 131	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\sum+1$	Ponderación
Alternativa 1		0,5	0,5	2	0,333
Alternativa 2	0,5		0,5	2	0,333
Alternativa 3	0,5	0,5		2	0,333
sumatoria				6	1

Realizado por: Cristian Bonifaz, Marco Pallasco. 2017

Fuente: Autores.

Tabla 13-3: Evaluación de soluciones respecto al costo de fabricación.

Alternativa 1 > Alternativa 2 > Alternativa 3					
Costo de fabricación	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\sum+1$	Ponderación
Alternativa 1		1	1	3	0,5
Alternativa 2	0		1	2	0,333
Alternativa 3	0	0		1	0,167
sumatoria				6	1

Realizado por: Cristian Bonifaz, Marco Pallasco. 2017

Fuente: Autores.

Tabla 14-3: Evaluación de soluciones respecto a la clasificación de diferentes clases de fresa.

Alternativa 3 > Alternativa 1 = Alternativa 2					
Diferentes clases	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\sum+1$	Ponderación
Alternativa 1		0,5	0	1,5	0,273
Alternativa 2	0		0	1	0,182
Alternativa 3	1	1		3	0,545
sumatoria				5,5	1

Realizado por: Cristian Bonifaz, Marco Pallasco. 2017

Fuente: Autores.

Tabla 15-3: Evaluación de soluciones respecto a la capacidad.

Alternativa 1 = Alternativa 2 = Alternativa 3					
Capacidad	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\sum+1$	Ponderación
Alternativa 1		0,5	0,5	2	0,333
Alternativa 2	0,5		0,5	2	0,333
Alternativa 3	0,5	0,5		2	0,333
sumatoria				6	1

Realizado por: Cristian Bonifaz, Marco Pallasco. 2017

Fuente: Autores.

En la tabla 16-3, a continuación se presenta las conclusiones obtenidas luego de realizar la evaluación y posterior la sumatoria de cada una de las soluciones que se plantearon. Se observa también la solución más favorable que se ajusta a los requerimientos técnicos y del usuario.

Tabla 16-3: Conclusiones y selección de la mejor alternativa.

Alternativa	Norma RTE INEN 131	Costo de fabricación	Clasificación diferentes tipos	Capacidad	$\Sigma$	Prioridad
Alternativa 1	0,045	0,068	0,099	0,121	0,334	2
Alternativa 2	0,045	0,045	0,066	0,121	0,278	3
Alternativa 3	0,045	0,023	0,198	0,121	0,388	1

Realizado por: Cristian Bonifaz, Marco Pallasco. 2017

Fuente: Autores.

- *Conclusión:* En el análisis realizado se puede observar que la Alternativa que mayor cumple con los criterios de evaluación es la numero 3 por lo tanto tomaremos esta solución, la máquina estará compuesta por un sistema de dosificación manual, la recepción se hará a través de una tolva, mecanismo de clasificación por cables y poleas, la fresa clasificada caerá por gravedad. Luego de esto se realizara el diseño basados en los parámetros antes descritos.

### 3.3.10 Características de componentes para la maquina clasificadora de fresa

Con la ayuda del programa SOLIDWORKS, se indica los componentes principales de la máquina clasificadora de fresas, para el diseño los requerimiento serán traducidos a

criterios técnicos los componentes que tendrá la máquina y su funcionamiento para lo cual se describe a continuación. (Changuan, 2016)

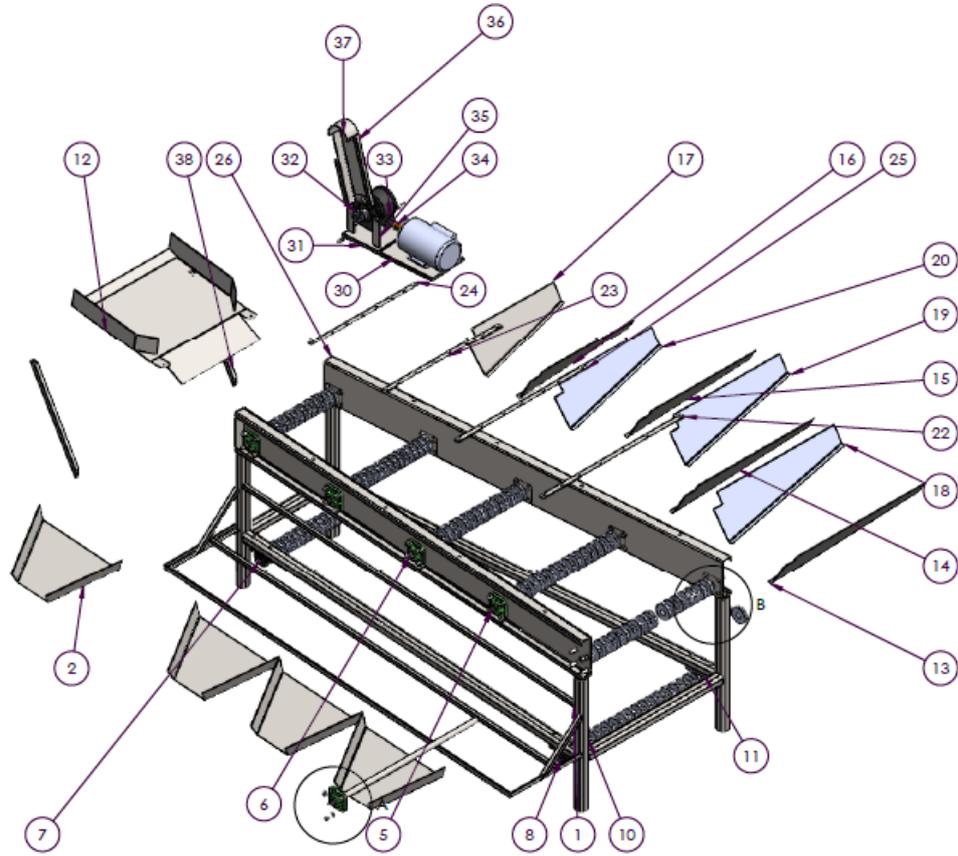


Figura. 12-3: Componentes de la máquina clasificadora.

Fuente: Autores.

3	TUERCA HEXAGONAL	INOX. M10X1.5mm		42			selección
3	PERNO HEXAGONAL	INOX. M10X38X1.5 mm		41			selección
6	TUERCA HEXAGONAL			40			selección
1	LOVE-JOVE		AISI 1020	39		0.1	selección
2	SOPORTE	INEN 03	AISI 304	38		0.45	cortado
1	TAPA COVERTOR	INEN 03	AISI 304	37	e=1.5 mm	0.96	cortado barolado
1	COVERTOR	INEN 03	AISI 304	36	e=1.5 mm	0.631	cotado plegado
2	APOYO	INEN 03	AISI 304	35	e=0.25 in	0.288	cortado perforado
1	MOTOR	1HP	SEGUN DISEÑO	34	rpm=1400	6	selección
1	MOTO REDUCTOR	1 HP	SEGUN DISEÑO	33		8	selección
2	POLEA 2IN	INEN 03	ALUMINIO	32	∅ =2 in	0.1	selección
1	BASE MOTOREDUCTOR	INEN 03	AISI 304	31	e=2 mm	0.63	cotado plegado
1	BASE MOTOR	INEN 03	AISI 304	30	e=2 mm	0.9	cotado plegado
40	TUERCA HEXAGONAL	INOX. M10		29			selección
40	PERNO HEXAGONAL	INOX. M10X38X1.5 mm		28			selección
80	ARANDELA PLANA	INOX.M10X1.5mm		27			selección
2	TAPA	PL=206X55mm	AISI 304	26	e=2mm	0.175	
1	SUJETADOR-4	INEN 03	AISI 304	25	e= 1/8 in	0.445	cortado perforado
1	SUJETADOR-3	INEN 03	AISI 304	24	e= 1/8 in	0.365	cortado perforado
1	SUJETADOR-2	INEN 03	AISI 304	23	e= 1/8 in	0.403	cortado perforado
1	SUJETADOR-1	INEN 03	AISI 304	22	e= 1/8 in	0.49	cortado perforado
1	BASE	INEN 03	AISI 304	21	e= 1.5 mm	1.6	cortado
1	RAMPA 5	INEN 03	AISI 304	17	e= 1.5 mm	1	cotado plegado
1	RAMPA 4	INEN 03	AISI 304	16	e= 1.5 mm	1.16	cotado plegado
1	RAMPA 3	INEN 03	AISI 304	15	e= 1.5 mm	1.3	cotado plegado
1	RAMPA 2	INEN 03	AISI 304	14	e= 1.5 mm	1.46	cotado plegado
1	RAMPA 1	INEN 03	AISI 304	13	e= 1.5 mm	1.6	cotado plegado
1	TOLVA	INEN 03	AISI 304	12	e= 1.5 mm	5.3	cotado plegado
126	POLEAS	INEN 03	NYLON (PA6)	10	∅ =1in	0.076	cortado tomeado
1	EJE5	L = 615 mm	AISI 304	9	∅ =1in	2.39	cortado
4	CHUMACERA DE PISO	P 205	SEGUN DISEÑO	8	∅ =1in	1	selección
2	EJE4	L = 620 mm	AISI 304	7	∅ =1in	2.4	cortado
1	EJE3	L = 720 mm	AISI 304	6	∅ =1in	2.8	cortado
1	EJE2	L = 798 mm	AISI 304	5	∅ =1in	3.1	cortado
2	EJE1	L = 870 mm	AISI 304	4	∅ =1in	3.4	cortado
10	CHUMACERA DE PARED	F 205	SEGUN DISEÑO	3	∅ =1in	1.1	selección
4	BANDEJA	INEN 03	AISI 304	2		1.7	cortado doblado
1	ESTRUCTURA	INEN 03	AISI 304	1		110	cortado armado
N.º de Pieza	Denominacion	N.º de Norma/Dibujo	Material	N.º de Orden	N.º del modelo suministrado	Peso Final kg	Observaciones

Figura. 13-3: Denominación de los componentes de la máquina.

Fuente: Autores.

*Motor eléctrico.* Transforma la energía eléctrica en energía mecánica provocando movimiento.

*Motor reductor.* Método de reducción de velocidad de un motor eléctrico usando un sistema de engranajes.

*Eje motriz.* Transmite la potencia del motor a través de un sistema de transmisión.

*Poleas.* Sistema que se conecta a la fuente de potencia, existen dos tipos de poleas motriz y conducida generalmente giran en el mismo sentido.

*Bandas.* Elemento sencillo de transmisión de potencia que se acopla a un sistema de poleas para formar un elemento de transmisión de potencia.

*Estructura.* Se diseñara en acero inoxidable AISI 304 cumpliendo con la norma de salud y manipulación de alimentos.

*Cordones de poliuretano termo soldables.* Se utilizara cordones de Poliuretano A 85 naranja FDA del catálogo de fabricante Optibelt que se aplica en la industria alimentaria cuando entra en contacto directo con los productos.

*Cilindro de nylon.* Para que los cables de poliuretano no estén sometidos a desgaste con un material de acero optaremos por la utilización de este material mecanizado con ranuras a determinada distancia y así también evitar deslizamiento de los cables y mantener su separación constante dependiendo al tamaño de la fresa.

*Rodamientos.* Elemento mecánico que permite el movimiento de ejes, funcionando como puntos de apoyo de los mismos.

*Bandejas de recolección.* Base construida en acero inoxidable AISI 304, estará colocada a una distancia y con una inclinación prudente para que en el momento que la fresa cae por gravedad no sufra ningún tipo de daño o contaminación.

## CAPÍTULO IV

### 4 DISEÑO Y SELECCIÓN DE ELEMENTOS PARA LA MÁQUINA CLASIFICADORA DE FRESAS

Una vez llegado al concepto de la máquina presentado en la figura 1-3. Este capítulo se abordara todas las actividades correspondientes al diseño de detalle, el orden de trabajo corresponde al de la metodología propuesta en la figura 1-3 encontrada la mejor alternativa para la máquina clasificadora de fresas, se procede al diseño y selección de elementos mecánicos que componen los diferentes sistemas de la máquina antes mencionada, para esto se tomara en cuenta los principios básicos del diseño, teorías existentes y datos obtenidos.

#### 4.1 Dimensionamiento

El dimensionamiento de la máquina se basa principalmente en su capacidad, el objetivo de este trabajo es clasificar 100 kg de fresa por hora, dato que está basado en encuestas realizadas.

##### 4.1.1 Dimensiones de las fresas

Para encontrar las dimensiones, tamaño y peso de las fresas, se realizó un estudio de campo en la provincia de Chimborazo cantón Riobamba sector el Suyo (Ver anexo A) obteniendo los datos ya expuestos en el Capítulo anterior tabla.1-3. (Ver anexo B)

##### 4.1.1.1 Cálculo del flujo de fresas en base a la capacidad

Tomamos en cuenta la capacidad requerida:

$$C = 100 \frac{kg}{h}$$
$$C = 220,5 \frac{lb}{h} * \frac{1 h}{60 min} * \frac{1 kg}{2.205 lb}$$

$$C = 1.67 \frac{kg}{min} = 3,675 \left[ \frac{lb}{min} \right]$$

$C = \text{Capacidad [lb/min]}$

La máquina será capaz de clasificar 3,675 libras de fresas en un minuto, a esto le asociamos el valor de los pesos de cada clase de fresa y obtenemos el número de fresas por libra clasificada:

#### 4.1.1.2 Fresas de primera clase

- Peso promedio de cada fresa.

$$\text{Peso promedio} = 22,83 \text{ gr} * \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ gr}} * \frac{2,205 \text{ lb}}{1 \text{ kg}} = 0,0503 \text{ [lb]}$$

- Número de fresas por libra.

Para encontrar el número total de las fresas por libra se realizara la relación libra dividida para el peso promedio de cada una de clases mostrada en la tabla 1-3

$$\# \frac{\text{fresas}}{\text{libra}} = \frac{\text{peso total}}{\text{peso promedio}} = \frac{1 \text{ lb}}{0.0503 \text{ lb}}$$

$$\# \text{fresas/libra} = 19,868 \cong 20$$

- Flujo de fresas por minuto:

$$\# \text{fresas/minuto} = 3,675 \frac{\text{lb}}{\text{min}} * 20 \frac{\text{fresas}}{\text{libra}}$$

$$\# \text{fresas/minuto} = 73,5 \cong 74$$

Realizando este procedimiento para cada clase de fresas se obtiene los valores resumidos a continuación en la tabla 1-4, estos datos serán de mucha ayuda para cálculos posteriores.

Tabla 1-4: Resumen de valores obtenidos.

	5TA CLASE	4TA CLASE	3RA CLASE	2DA CLASE	1ERA CLASE
Peso promedio cada fresa (lb)	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05
# de fresas x libra	87	55	35	27	20
fresas/min	320	203	128	99	74

Realizado por: Cristian Bonifaz, Marco Pallasco. 2017

Fuente: Autores.

## 4.2 Cálculo de la velocidad de operación de la máquina

Al no contar con una bibliografía o recomendaciones de velocidad operativa para este tipo de maquinaria se optó por realizar un experimento, se utilizó una banda transportadora, y un motor eléctrico con un variador de frecuencia para encontrar la velocidad de clasificación más óptima, los resultados obtenidos se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 2-4: Valores experimentales de velocidad.

Frecuencia (Hz)	RPM	W rad/s	Diámetro (cm)	Velocidad (m/s)
0,85	20	2,09	20	0,21
1,07	25	2,62	20	0,26
1,5	35	3,67	20	0,37
1,71	40	4,19	20	0,42
2,57	60	6,28	20	0,63
3,42	80	8,38	20	0,84

Realizado por: Cristian Bonifaz, Marco Pallasco. 2017

Fuente: Autores

Se concluye que para el trabajo de clasificación de fresas para nuestra máquina, sin que esta sufra algún tipo de daño en el proceso debe estar comprendido en un rango de 25-40 RPM.

- Cálculo de la velocidad con relación a la capacidad

Como datos tenemos la capacidad requerida, a esto lo relacionamos con la distancia que recorrerá cada clase de fresa para obtener una velocidad, tomamos como valor para el cálculo la mayor cantidad de fresas que deben pasar es decir las 203 fresas/minuto valor expuesto en la tabla 1-4.

- Distancia total de transporte:

La distancia total está dada por la suma de etapas de clasificación, nuestra máquina consta de cuatro etapas, cada una con una longitud asumida de:

$$L \text{ módulo} = 0,4m$$

Relacionando el número de fresas y la distancia se obtiene:

$$V = 203 \frac{\text{fresas}}{\text{min}} * 0.4 m$$

$$V = 1.353 \left[ \frac{m}{s} \right]$$

Donde:

$V$ = velocidad máxima [m/s].

### 4.3 Cálculo de la potencia

Para hallar la potencia necesaria de nuestro sistema utilizaremos el ejercicio basado en la fórmula de combinación de fuerzas lineales y de rotación propuesta por el autor Alan Hendrickson en su libro Mechanical desing for the stage. (Hendrickson, 2008 p. 130)

En la figura 1-4, se presenta el esquema de una banda transportadora propuesto por el autor con los principios de funcionamiento similares a nuestro sistema de clasificación.

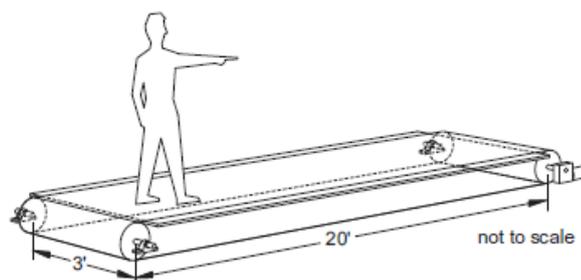


Figura. 1-4: Diagrama banda transportadora.

Fuente: (Hendrickson, 2008 p. 130)

$$P_{max} = (F_{accel} + F_{fricc} + F_{lifting}) * Vmax + (T_{accel} + T_{fricc} + T_{lifting}) * Wmax \quad (1)$$

Donde:

$P_{max}$  = Es la suma de la potencia lineal y la potencia rotatoria [watts]

$F_{accel}$  = Fuerza de aceleración. [N]

$F_{fricc}$  = Fuerza de fricción. [N]

$F_{lifting}$  = Fuerza elevación. [N]  $F_{lifting} = 0$

$T_{accel}$  = Torque de aceleración. [N.m]

$T_{fricc}$  = Torque de fricción. [N.m]  $T_{fricc} = 0$

$T_{lifting}$  = Torque de elevación. [N.m]  $T_{lifting} = 0$

$V_{max}$  = Velocidad. [m/s]

$W_{max}$  = Velocidad angular. [Rad/s]

Simplificando la expresión queda de la siguiente manera

$$P_{max} = (F_{accel} + F_{fricc}) * V_{max} + (T_{accel}) * W_{max} \quad (2)$$

Para aplicar la formula anterior (2) se basó en el figura 1-4 considerando que todas las cuerdas forman una banda transportadora.

#### 4.3.1 Cálculo de la fuerza de aceleración lineal

El cálculo de la fuerza de aceleración lineal está dado por la fórmula:

$$F_{accel} = m_{total} * a \quad (3)$$

Donde:

$F_{accel}$  = Fuerza de aceleración. [N]

$m_{total}$  = Masa total. [Kg]

$a$  = Aceleración lineal. [m/s<sup>2</sup>]

- Cálculo de la masa total

$$m_{total} = (m_{fresa} + m_{cilindro} + m_{eje} + m_{cable}) \quad (4)$$

Masa de la fresa= [100 kg]

Masa de las poleas= [11,49 kg] (ver anexo C1)

Masa de los ejes= [21,06 kg] (ver anexo C2)

Masa del cordón= [5,59 kg] (ver anexo C3)

Remplazando en la ecuación (4) tenemos.

$$m_{total} = (100 \text{ kg} + 11.49 \text{ kg} + 21.06 \text{ kg} + 5.59 \text{ kg})$$

$$m_{total} = 138.4 \text{ kg}$$

- Cálculo de la aceleración lineal

La aceleración lineal está dada por:

$$V_f = V_o + at \quad (5)$$

Donde:

$t$  = Tiempo estabilización = 5 [seg] (Ver anexo C4)

$V_o$  = Velocidad inicial = 0 [m/seg]

$V_f$  = Velocidad final = Velocidad máxima = 1,35 [m/seg]

$a$  = aceleración [m/s<sup>2</sup>]

Despejando y remplazando en la ecuación (3) se obtiene:

$$a = \frac{v_f}{t}$$

$$a = \frac{1.353 \frac{m}{s}}{5 \text{ s}}$$

$$a = 0,270 \left[ \frac{m}{s^2} \right]$$

Remplazando en la ecuación (5) tenemos.

$$F_{accel} = 138.4 \text{ kg} * 0,270 \frac{m}{s^2}$$

$$F_{accel} = 37.4 \text{ N}$$

#### 4.3.2 Cálculo fuerza de fricción

El cálculo de la fuerza de fricción esta dado:

$$F_{friction} = \mu * Fw * \cos \theta \quad (6)$$

Donde:

$\mu$ = coeficiente de fricción. 0.35 (ver anexo C6)

$Fw$ = fuerza con respecto a la normal =138.4 [kg-f]

Remplazando en la ecuación (6) tenemos.

$$F_{friction} = (0.35 * 138.4 \text{ kg} - f * \cos 0) * 9.8 \text{ N}$$

$$F_{friction} = 472 \text{ N}$$

#### 4.3.3 Cálculo del torque de aceleración

El torque de aceleración viene dado por:

$$T_{accel} = (I_{ejes} + I_{poleas}) * \alpha \quad (7)$$

Donde:

$I_{ejes}$  = Inercia de los ejes [Kg-m<sup>2</sup>]

$I_{poleas}$  = Inercia de las poleas [Kg-m<sup>2</sup>]

$\alpha$  = Aceleración angular [rad/s<sup>2</sup>]

- Cálculo de Inercias

$I$  = Inercia [kg-m<sup>2</sup>]

$R$  = radio polea, en [m] = 0,004 [m]

$r$  = radio eje, en [m] = 0,0127[m]

$$I_{ejes} = \frac{1}{2} * m_{ejes} * r^2 \quad (8)$$

$$I_{poleas} = \frac{1}{2} * m_{poleas} * (R^2 + r^2) \quad (9)$$

Remplazando en la ecuación (8) tenemos.

$$I_{ejes} = \frac{1}{2} * 21.06 \text{ kg} * (0.0127 \text{ m})^2$$
$$I_{ejes} = 0.00165 \text{ [kg - m}^2\text{]}$$

Remplazando en la ecuación (11) tenemos.

$$I_{poleas} = \frac{1}{2} * 11.49 \text{ kg} * ((0.04 \text{ m})^2 + (0.0127 \text{ m})^2)$$
$$I_{poleas} = 0.0101 \text{ [kg - m}^2\text{]}$$

- Calculo de la aceleración angular

La aceleración angular está dada por:

$$\alpha = \frac{a}{r} \quad (10)$$

Donde:

$\alpha$ = aceleración angular, [rad/s<sup>2</sup>]

$a$ = aceleración lineal, [m/s<sup>2</sup>]

$R$ = radio del eje del motor =  $\frac{3}{4}$ " = 0.009525 m (ver anexo D)

Remplazando en la ecuación (10) tenemos.

$$\alpha = \frac{0,270 \frac{m}{s^2}}{0.009525 m}$$

$$\alpha = 28.42 \frac{rad}{s^2}$$

Remplazando en la ecuación (7) tenemos.

$$T_{accel} = (0.00165 kg - m^2 + 0.0101 kg - m^2) * 28.42 \frac{rad}{s^2}$$

$$T_{accel} = 0.335 [N.m]$$

- Cálculo de la velocidad angular.

La velocidad angular está dado por:

$$W = \frac{V}{R} \quad (11)$$

Donde

$W$ = velocidad angular del eje del motor, [rad/seg]

$V$ =velocidad, [m/s]

$R$ = radio del eje del motor 0.009525 [m] (ver anexo)

Remplazando en la ecuación (11) se obtiene.

$$W = \frac{1.35 m/seg}{9.5 \times 10^{-3} m}$$

$$W = 142.10 \left[ \frac{\text{rad}}{\text{seg}} \right]$$

$$W = 142.10 \frac{\text{rad}}{\text{seg}} * \frac{1 \text{ rev}}{2\pi \text{ rad}} * \frac{60 \text{ seg}}{\text{min}} = 1356,78 \text{ rpm}$$

Luego de obtener todos los valores remplazamos en la ecuación (2).

$$P_{max} = (F_{accel} + F_{friction})v_{max} + (T_{accel})\omega_{max}$$

$$P_{max} = (37.4 \text{ N} + 472 \text{ N})(1.353 \frac{\text{m}}{\text{s}}) + (0.335 \text{ N.m})(142.11 \frac{\text{rad}}{\text{s}})$$

$$P_{max} = 736.75 [\text{Watts}] = 0.98 [\text{Hp}]$$

El cálculo de la potencia encontrada está en función de la capacidad de la máquina (100 kg/hora), esta potencia es la necesaria para realizar el trabajo sin ningún problema.

#### **4.4 Selección del motor, caja reductora y acople**

Encontrado la potencia necesaria se selecciona los principales elementos del sistema motriz

##### **4.4.1 Selección del motor**

Luego de hallar la potencia, se verifica en catálogos existentes en el mercado, un motor que entregue esta potencia, por su disponibilidad y fácil uso se opta por un motor del catálogo WEG.

Se seleccionó un motor de la marca WEG modelo Steel motor nema 56 con 1720 rpm, potencia de 1 hp (Ver anexo D1).

#### 4.4.2 Selección de la caja reductora

Para seleccionar la caja reductora nos basamos en el catálogo de reductores Raisa en el cual como datos se necesita el tipo de motor, la potencia de entrada, la velocidad de entrada, la velocidad de salida, y las horas diarias de operación, a continuación se enumera los pasos a seguir para la adecuada selección. (Ver anexo E1)

- Seleccione el factor de servicio adecuado.

- Aplique el factor de servicio (multiplique F.S por los Hp del motor) y obtenga así la potencia requerida del reductor.

$$(Pot = F.S * Hp) \quad (12)$$

- Determine apropiadamente la relación del reductor con las velocidades de entrada y salida

$$(i = V_{entrada}/V_{salida}) \quad (13)$$

- Seleccione en las tablas, el tamaño del reductor en base a la potencia obtenida (2) para la relación deseada (3) y la velocidad de entrada al reductor.

- Seleccionar el factor de servicio

$$F.S = 0.9 \text{ (Ver anexo E 1)}$$

- Aplique el factor de servicio  
Remplazando en la ecuación (12). Tenemos

$$Pot_{req} = 0,9 * 1HP$$

Pot<sub>req</sub>=potencia requerida para la caja [Hp]

$$Pot = 0,9 [HP]$$

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

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

Remplazando la ecuación (13) tenemos:

$$i = \frac{1720 \text{ rpm}}{51 \text{ rpm}}$$

$$i = 33$$

Donde:

$i$  = relación de transmisión.

- Seleccione en las tablas el tamaño del reductor

El modelo encontrado para la caja reductora del catálogo de RAISA es el modelo NUGS-63, Es el más aproximado a nuestros requerimientos el cual trabajara tranquilamente sin esfuerzo alguno. (Ver anexo E3).

#### 4.4.3 Cálculo del torque

Revoluciones a la salida del eje del reductor:

$$i = \frac{Dp}{dp} = \frac{N2}{N1}$$

$$i = 33$$

$$N2 = 1720$$

$$N1 = \frac{N2}{i}$$

$$N1 = \frac{1720}{33} = 52 \text{ RPM}$$

Diámetro de las poleas:

$$Dp = 2 \text{ in}$$

$$dp = 1 \text{ in}$$

$$i = 1.5$$

Cálculo de las RPM en el eje motriz:

$$i = \frac{n2}{n1}$$

$$n1 = \frac{52}{1.5} = 35 \text{ RPM}$$

Cálculo del Torque en el eje:

$$\tau = \frac{P}{N} \quad (14)$$

Donde:

$P$ : Potencia [W]

$N$ : Velocidad angular [rad/seg]

$$n1 = 35 \frac{\text{rev}}{\text{min}} \times \frac{2\pi \text{ rad}}{1 \text{ rev}} \times \frac{1 \text{ min}}{60\text{s}} = 3.6 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$\tau = \frac{736.75 \text{ W}}{3.6 \text{ rad/s}} = 204.85 \text{ N.m}$$

#### 4.4.4 Selección del acople

La selección del acople se realizara basado en el catálogo Lovejoy 2010 que se detalla a continuación.

- Determinar el torque nominal

Motor eléctrico WEG, potencia =1 Hp=0.746 KW.

$$Tn = \frac{Kw * 9550}{rpm} \quad (15)$$

$Tn$  = torque nominal [N.m]

$$T_n = \frac{0.746 * 9550}{1700rpm}$$

$$T_n = 4.19 [N.m]$$

Con el torque nominal sabiendo si es estándar o elevado se encuentra el factor de servicio.

- Factor de servicio  $F_s = 1$  (Ver anexo F1).
- Calcular el torque de diseño .

$$T_d = T_n * F_s \quad (16)$$

$T_d$ = torque de diseño [N.m]

Remplazando en la ecuacion(15) se obtiene

$$T_d = 4.19 N.m * 1$$

$$T_d = 4.19 [N.m]$$

- Utilizando la tabla de aplicaciones seleccione el tipo de araña y el material elastomero correspondiente. (Ver anexo F2).
- Usando el material elastómero y el torque nominal de la mordaza encuentre el modelo apropiado para la aplicación.

El modelo de lovejoy es de tipo L/AL070. (Ver anexo F3).

Con el modelo y el material encuentre el número de mandíbulas, con las máximas RPM que puede resistir y el tipo de mandíbula. (Ver anexo F4).

- Con el tipo de araña y el tipo de acoplamiento seleccione el número UPC

Numero de UPC = 10406 (ver anexo F5)

- Con el número UPC y el modelo apropiado encuentre el diámetro para la aplicación

El diámetro de Lovejoy será ¼ de pulgada (ver anexo F6), se podrá taladrar y acoplar el eje motor y la caja reductora. El mismo que resistirá un torque 4.19 N/m y la potencia de 1 HP sin problema alguno.

#### **4.5 Diseño y selección de los elementos de transmisión**

Es necesario el diseño y la selección del tipo de elementos de transmisión como bandas por ser un elemento flexible ideal para la transmisión de potencia así como el número de bandas necesarias para el sistema y posterior seleccionar el tipo de poleas en las cuales que se acoplarán las bandas.

##### **4.5.1 Cálculo de la potencia de diseño**

La potencia de diseño está dada por la expresión:

$$P_D = P * C_1 \quad (17)$$

Donde:

$P_D$  = potencia de diseño [HP]

$P$  = potencia maxima [HP]

$C_1$  = factor de servicio (ver anexo G1)

Remplazando en la ecuación (16). Tenemos:

$$P_D = 1.3 * 1 [HP]$$

$$P_D = 1.3 [HP]$$

##### **4.5.2 Identificar el tipo de correa y las poleas a utilizar**

Conociendo la relación de transmisión,  $i$  se recomienda usar como mínimo los valores mostrados (ver anexo G2)

Correa tipo: A

Rango de potencia: 0.7 – 3.5 kW

Diámetro mínimo de la polea: 75 mm

Espesor: 8 mm

#### 4.5.3 Distancia entre ejes

Viene dada por la expresión:

$$3(D_p + d_p) \quad (18)$$

Donde:

$D_p = \text{Diámetro polea mayor } 76.2 \text{ [mm]}$

$d_p = \text{Diámetro polea menor } 50.8 \text{ [mm]}$

Relación de transmisión:

$$i = \frac{D_p}{d_p} = \frac{76.2}{50.8}$$
$$i = 1.5$$

Reemplazando en la ecuación (17):

$$3(D_p + d_p) = 3(76.2 + 50.8) = 381 \text{ mm}$$

Para  $i$  comprendido entre 1 a 3 se utiliza la expresión:

$$C_e \geq \frac{(i + 1)d_p}{2} + d_p \quad (19)$$

Donde:

$C_e = \text{distancia entre centros [mm]}$

$$C_e \geq \frac{(1.5 + 1)}{2} + 50.8 \text{ mm}$$

$$C_e \geq 114.3 \text{ mm}$$

#### 4.5.4 Longitud primitiva

Viene dado por la expresión:

$$L = (2 * C) + (1.57 * (D_P + d_P)) + \left(\frac{(D_P + d_P)^2}{4 * C}\right) \quad (20)$$

Donde:

L=longitud primitiva de correas [mm]

$$L = (2 * 381) + (1.57 * (76.2 + 50.8)) + \frac{(76.2 + 50.8)^2}{4 * 381}$$
$$L = 961,81 \text{ [mm]}$$

#### 4.5.4.1 Longitudes estándar de correas ( $L_n$ )

Se selección el valor correspondiente a la longitud de correas de perfil tipo “A” el más próximo es la correa N: 38 con una longitud primitiva  $L_n = 995$  mm. (Ver anexo G3)

#### 4.5.5 Distancia entre centros corregida

Viene dado por la expresión:

$$C_c = C_e \pm \left| \frac{L - L_n}{2} \right| \quad (21)$$

Donde:

$C_c$ = Distancia corregida [mm].

- Se debe tomar las siguientes consideraciones:

- Signo (+) cuando  $L < L_n$
- Signo (-) cuando  $L > L_n$

$$C_c = 381 + \left| \frac{961,81 - 995}{2} \right|$$

$$C_c = 364.4 \text{ [mm]}$$

#### 4.5.6 Determinar el arco de contacto menor

El arco de contacto viene dado la expresión:

$$\alpha_1 = 180 - 57 * \left( \frac{D_P - d_P}{C_c} \right) > 120 \quad (22)$$

$$\alpha_1 = 180 - 57 * \left( \frac{76.2 - 50.8}{364.4} \right) > 120$$

$$\alpha_1 = 176.03 > 120$$

$$\alpha_2 = 180 + 57 * \left( \frac{D_P - d_P}{C_c} \right) > 120$$

$$\alpha_2 = 180 + 57 * \left( \frac{76.2 - 50.8}{364.4} \right) > 120$$

$$\alpha_1 = 183.97 > 120$$

#### 4.5.7 Cantidad de bandas necesarias

La cantidad de correas necesarias para nuestro sistema viene dado por:

$$Z = \frac{P_D}{C_2 * C_3 * P_1} \quad (23)$$

Donde:

$Z$  = Número de correas necesarias.

$P_D$  = Potencia de diseño.

$C_2$  = Factor de corrección por longitud.

$C_3$  = Factor de corrección por ángulo de contacto menor.

- Selección del factor de corrección  $C_2$ . (Ver anexo G4)

$$C_2 = 0.88$$

- Selección del factor de corrección  $C_3$ .

Está dado por la relación:

$$\frac{Dp - dp}{C} \quad (24)$$

$$\frac{Dp - dp}{C} = \left( \frac{76.2 - 50.8}{381} \right) = 0.0667$$

$$C_3 = 0.99 \text{ (Ver anexo G5)}$$

Remplazando en la ecuación (22) tenemos.

$$Z = \frac{1.3}{0.88 * 0.99 * 1} = 1.5 \cong 2 \text{ Bandas}$$

#### 4.6 Diseño del eje motriz

Se determinara el diámetro mínimo necesario del eje que garantice y cumpla las funciones requeridas para la maquina clasificadora de fresas.

##### 4.6.1 Cálculo de la fuerza generada en una polea de clasificación

Para el cálculo de la fuerza generada en cada polea del sistema de clasificación, se realizara un análisis de cuerpo libre, como se muestran en la figura 2-4.

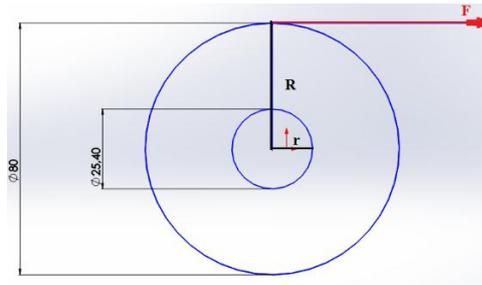


Figura. 2-4: Diagrama de cuerpo libre de una polea.

Fuente: Autores

$$\sum M = I \cdot \alpha \quad (25)$$

Despejamos de la ecuación (24) la fuerza.

$$F \cdot R = I \cdot \alpha$$

$$F = \frac{I \cdot \alpha}{R}$$

Donde:

F= fuerza producida en cada polea. [N]

R= radio de la polea. [m]

r = radio del eje. [m]

I= inercia del sistema. [kg-m<sup>2</sup>]

- Cálculo de la inercia del eje:

$$I_{eje} = \frac{1}{2} * m_{eje} * r^2 \quad (26)$$

Remplazando en la ecuación (25) tenemos.

$$I_{eje} = \frac{1}{2} (0.0656 \text{ kg})(0.0127\text{m})^2$$

$$I_{eje} = 5.29 \times 10^{-6} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

- Cálculo de la inercia de una polea:

$$I_{polea} = \frac{1}{2} * m_{polea} * (R^2 + r^2) \quad (27)$$

$$I_{polea} = \frac{1}{2} (0.0912 \text{ kg})(0.04 \text{ m}^2 + 0.0127 \text{ m}^2)$$

$$I_{polea} = 8.03 \times 10^{-5} [\text{kg} \cdot \text{m}^2]$$

- Inercia total del sistema.

$$I = I_{eje} + I_{polea} \quad (28)$$

$$I = 8.56 \times 10^{-5} [\text{kg} \cdot \text{m}^2]$$

Remplazando en la ecuación (24) tenemos:

$$F = \frac{(8.56 \times 10^{-5} \text{ kg} \cdot \text{m}^2)(28.42 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2})}{0.04 \text{ m}}$$

$$F = 0.061 [\text{N}]$$

#### 4.6.2 Cálculo diámetro del eje principal

El eje motriz consta de 18 poleas distribuidas en medidas establecidas la fuerza generada en cada polea se calculó anteriormente.

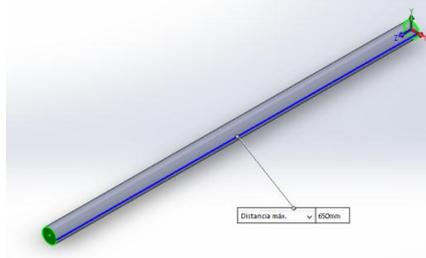


Figura.3-4: Diagrama de cuerpo libre del eje.

Fuente: Autores.

A esto le agregamos para el cálculo la carga total de la capacidad, dicha carga estará distribuida entre la longitud de la primera polea y la última. La capacidad es de:

$$m = 100 \text{ kg}$$

Donde:

$$w = m \cdot g$$

$$w = 100 \text{ kg} \left(9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right)$$

$$w = 980 \text{ [N]}$$

W = fuerza aplicada por la capacidad. [N]

L: longitud de la carga. [m]

$$L = 0.425 \text{ m}$$

- Diagrama en el plano x-y.

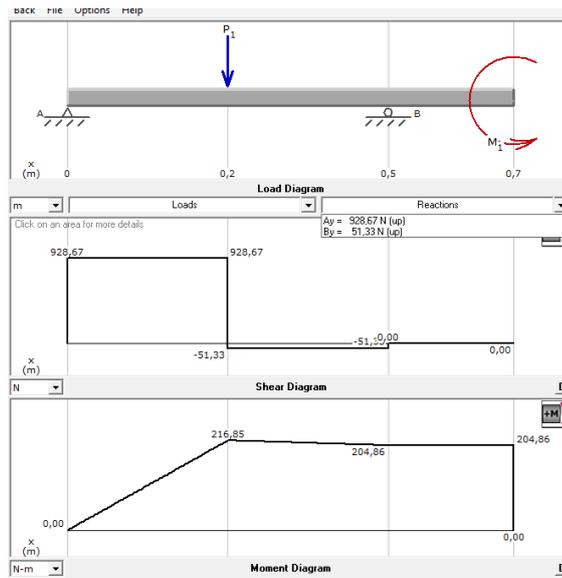


Figura.4-4: Diagrama de cortante y momento flector MDSolid 3.5

Fuente: Autores

- Valor de las reacciones:

$$R_{Ay} = 928.67 \text{ N}$$

$$R_{By} = 51.33 \text{ N}$$

- Diagrama plano x-z

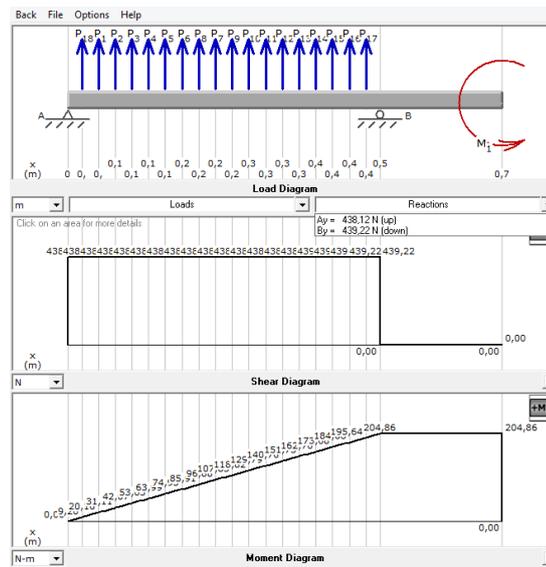


Figura.5-4: Diagrama de cortante y momento flector MDSolid 3.5

Fuente: Autores

- Valor de las reacciones:

$$R_{Az} = 928.67 \text{ N}$$

$$R_{Bz} = 51.33 \text{ N}$$

#### 4.6.2.1 Cálculo del momento máximo:

El Momento máximo está dado por la expresión:

$$M_{max} = \sqrt{M_x^2 + M_y^2} \quad (29)$$

Donde:

$M_{max}$  = Momento máximo. [N.m]

Remplazando en la ecuación (28) tenemos.

$$M_{max} = \sqrt{216.85^2 + 107.85^2}$$

$$M_{max} = 242.19 \text{ [N.m]}$$

#### 4.6.2.2 Esfuerzo normal a flexión

Viene dado por la expresión:

$$\sigma = \frac{32 M_f}{\pi d^3} \quad (30)$$

Donde:

$M_{max} = M_f$  = Momento máximo. [N.m]

$\sigma$  = Esfuerzo a flexión. [N/m<sup>2</sup>]

Remplazamos en la ecuación (29) tenemos.

$$\sigma = \frac{32 (242,19 \text{ N.m})}{\pi d^3}$$

$$\sigma = \frac{2466.92}{d^3}$$

#### 4.6.2.3 Esfuerzo tangencial a torsión

Viene dado por la expresión:

$$\tau = \frac{16 T}{\pi d^3} \quad (31)$$

Donde:

$\tau$ =Esfuerzo a torsión. [N/m<sup>2</sup>]

Remplazamos en la ecuación (30) tenemos.

$$\tau = \frac{16 (204,85 \text{ N. m})}{\pi d^3}$$

$$\tau = \frac{1043,3}{d^3}$$

#### 4.6.2.4 Esfuerzo equivalente de Von Mises

El esfuerzo equivalente de Von Mises viene dado por la expresión:

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \quad (32)$$

$$\sigma_{eq} = \frac{S_y}{\eta} \quad (33)$$

Donde:

$\sigma_{eq}$ = Esfuerzo equivalente de Von Mises. [N/m<sup>2</sup>]

$S_y$ : Resistencia a la fluencia del acero inoxidable AISI 304 = 276 M Pas. (Ver anexo H1)

$\eta$ : coeficiente de seguridad asumido = 2

Remplazando las ecuaciones (29) y (30) en la ecuación (31) tenemos.

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\left(\frac{2466,92}{d^3}\right)^2 + 3\left(\frac{1043,3}{d^3}\right)^2}$$

$$\sigma_{eq} = \frac{3058}{d^3}$$

Iguando las ecuaciones (31) y (32) tenemos.

$$\frac{276 \text{ MPas}}{2} = \frac{3058}{d^3}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{2 * 3058}{276 \text{ MPas}}}$$

$$d = 2.5 \text{ cm}$$

### 4.6.3 Diseño a fatiga

En componentes mecánicos que están sometido a sollicitaciones de carga variable, la falla por fatiga es una de las más comunes, para evitar se procede a continuación verificar.

#### 4.6.3.1 Criterio de máxima tensión de corte

Viene dado por la expresión:

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

- Factores que modifican el límite de resistencia a la fatiga.

$$S_e = k_a. k_b. k_c. k_d. k_e. k_f. S'_e \quad (35)$$

Donde:

$S_e$  = Límite de resistencia a la fatiga en la ubicación crítica de una parte de máquina en la geometría y condición de uso.

$K_a$  = Factor de modificación de la condición superficial.

$K_b$  = Factor de modificación del tamaño.

$K_c$  = Factor de modificación de la carga.

$K_d$  = Factor de modificación de la temperatura.

$K_e$  = Factor de confiabilidad.

$K_f$  = Factor de modificación de efectos varios.

$S'_e$  = Límite de resistencia a la fatiga en viga rotatoria.

$$S_e = 0.5 S_{ut} \quad (36)$$

$S_{ut} = 568$  MPas para acero inoxidable AISI 304.

$$S_e = 0.5 \left( 5796 \frac{kg}{cm^2} \right)$$

$$S_e = 2898 \frac{kg}{cm^2}$$

- $K_a$  para una superficie pulida (ver anexo H2)

$$K_a = 1$$

- $K_b$  factor de modificación del tamaño  $d = 1$  in (ver anexo H3)

(37)

$$k_b = 0.879 d^{-0.107}$$

$$k_b = 0.879 (1)^{-0.107}$$

$$k_b = 0.879$$

- $K_c$  factor de modificación de la carga. (ver anexo H4)

$$k_c = 1$$

- Kd factor de modificación de la temperatura.

Condiciones normales

$$k_d = 1$$

- Ke= factor de confiabilidad. (ver anexo H5)

Confiabilidad del 90 %

$$k_e = 0.897$$

- Kf= factor de modificación de efectos varios.

$$k_f = 1$$

Remplazando en la ecuación (34) tenemos.

$$S_e = (1)(0.879)(1)(1)(0.897)(2898 \frac{kg}{cm^2})$$

$$S_e = 2285 \left[ \frac{kg}{cm^2} \right]$$

#### 4.6.3.2 Cálculo de las cargas fluctuantes

$$M_m = \frac{M_{max} + M_{min}}{2} \quad (38)$$

$$M_a = \frac{M_{max} - M_{min}}{2} \quad (39)$$

$$T_m = \frac{T_{max} + T_{min}}{2} \quad (40)$$

$$T_a = \frac{T_{max} - T_{min}}{2} \quad (41)$$

Remplazando en la ecuación (38) tenemos.

$$M_m = \frac{(242,2 - 242,2) N.m}{2} = 0$$

Reemplazando en la ecuación (37) tenemos.

$$M_a = \frac{(242,2 + 242,2) N.m}{2} = 242,2 [N.m] = 237345,3 [kg.cm]$$

Reemplazando en la ecuación (40) tenemos.

$$T_m = \frac{(204,8 - 0) N.m}{2} = 102,43 [N.m] = 100379,3 [kg.cm].$$

Reemplazando en la ecuación (39) tenemos.

$$T_a = \frac{(204,8+0) N.m}{2} = 102,43 [N.m] = 100379,3 [kg.cm].$$

Reemplazando (37) (38) (39) (40) en la ecuación (33) tenemos.

$$\frac{S_y}{\eta} = \frac{32}{\pi(2,54)^3} \sqrt{0 \left( \frac{(2816,3)(1) (237345,3)}{2898} \right)^2 + 100379,3 \left( \frac{(2816)(1)(100379,3)}{2898} \right)^2}$$

$$\eta = 11$$

El factor de seguridad calculado nos garantiza que el eje no fallara en el proceso de selección de fresas.

#### **4.6.4 Verificación de la resistencia del eje principal en SolidWorks**

Para garantizar la resistencia del eje principal se realiza un análisis en SolidWorks donde se modelo el eje con sus características, y las principales fuerzas que actúan sobre el eje obteniendo los siguientes resultados mostrados en la figura 5-5.

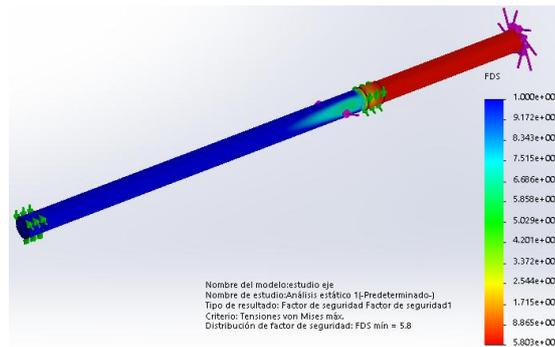


Figura.6-4: resultado del análisis en SolidWorks

Fuente: Autores

Con este valor de coeficiente de seguridad 5,8 el eje brindara las garantías necesarias en su funcionamiento asegurando su resistencia a las cargas solicitadas.

#### 4.7 Diseño de elementos que componen el sistema de clasificación

Para el sistema de clasificación será necesario la utilización de cordón de forma redonda para esta etapa, también ejes, uno motriz y los demás conducidos, así mismo de 126 poleas distribuidas equitativamente en cada uno de los ejes que servirán de guías y transmitirán el movimiento.

##### 4.7.1 Selección del cordón

Para la selección del cordón se debe tomar muy en cuenta que aparte de trabajar como banda transportadora y clasificadora va estar en contacto directo con el producto, por esta razón nos guiaremos en el catálogo OPTIBELT de bandas redondas que ofrece una gama de cordones de poliuretano termo soldables.

Una de las ventajas de este cordón es que se puede soldar directamente en el lugar de la aplicación sin desmontar la máquina y con características específicas para cada tipo de aplicación que se presentan a continuación en la figura 6-4.



Figura.7-4: Aplicaciones de cordones de poliuretano

Fuente: (Optibelt)

El tipo de cordón a utilizar es el de color naranja tipo A 85 FDA para la industria alimenticia y contacto directo con el producto.

Para encontrar el diámetro utilizamos el peso de la fresa de 100 kg distribuida para 18 cordones

Fuerza: 100 kg

Número de cordones= 18

$$\text{fuerza en cada cordon} = \frac{wfresa}{\text{número cordones}}$$

$$\text{fuerza en cada cordon} = \frac{100 \text{ kg}}{18}$$

$$\text{fuerza en cada cordon} = 5.55 \text{ kgf} * 9,8 \frac{m}{s} = 54.44 \text{ N}$$

#### 4.7.1.1 Porcentaje de estiramiento

El porcentaje de estiramiento que seleccionamos debe ser el máximo que se puede estirar para evitar el problema de alargamiento y estará entre 3-5 % como se muestra en el anexo II.

Cada cordón soportara una fuerza de 54,44 N.

#### 4.7.1.2 Diámetro del cordón

El diámetro mínimo escogido para el cordón de poliuretano termo soldable = 8 mm ver anexo I2 con este evitamos en un gran porcentaje del problema de alargamiento por las horas de trabajo.

### 4.8 Diseño de las poleas

Las poleas que necesitamos para el sistema de clasificación no se encuentran en ningún catalogo existente por esta razón se vio en la necesidad de construir las poleas para que satisfaga la necesidad requerida.

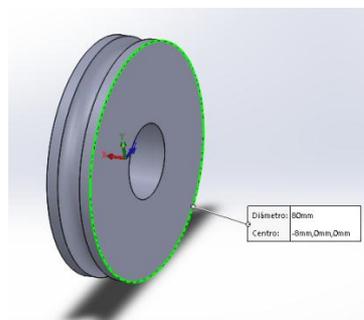


Figura. 8-4: Polea construida en Nylon industrial

Fuente: Autores.

Las poleas se diseñaron bajo especificaciones requeridas y se construyeron en poliamida PA6, más conocido comúnmente como nylon industrial en un diámetro de 80 mm y peso por polea de 96.27 gr

### 4.9 Diseño de la estructura principal

El diseño de la estructura de la máquina clasificadora de fresas es la base principal debido a que tiene como función principal de soportar y resistir todos los elementos que conforman dicha máquina.

- Motor eléctrico monofásico.
- Caja reductora.

- Poleas
- Bandas
- Chumaceras
- Eje principal, conducidos.
- Poleas clasificadoras.
- Cordón de poliuretano termo soldable.
- Bandejas receptoras del fruto.
- Tolva de recepción del fruto.
- Pernos, tuercas, arandelas.

El diseño de la estructura principal como punto de partida se construirá según la norma de manipulación para alimentos en acero estructural AISI 304 excelente para la resistencia a la corrosión, propiedades para el conformado y soldado, por estas propiedades es excelente para equipos de procesamiento y almacenamiento de alimentos,

El análisis de elementos finito predice numéricamente el comportamiento expuesto a diferentes cargas y esfuerzos que se producen en piezas u elementos mecánicos. Esta técnica numérica fiable considera al modelo como una red de elementos discretos interconectados. (Changuan, 2016)

Mediante el programa SOLIDWORKS se indica de forma general la estructura que tendrá la estructura base, la cual se muestra en la figura 8-4.

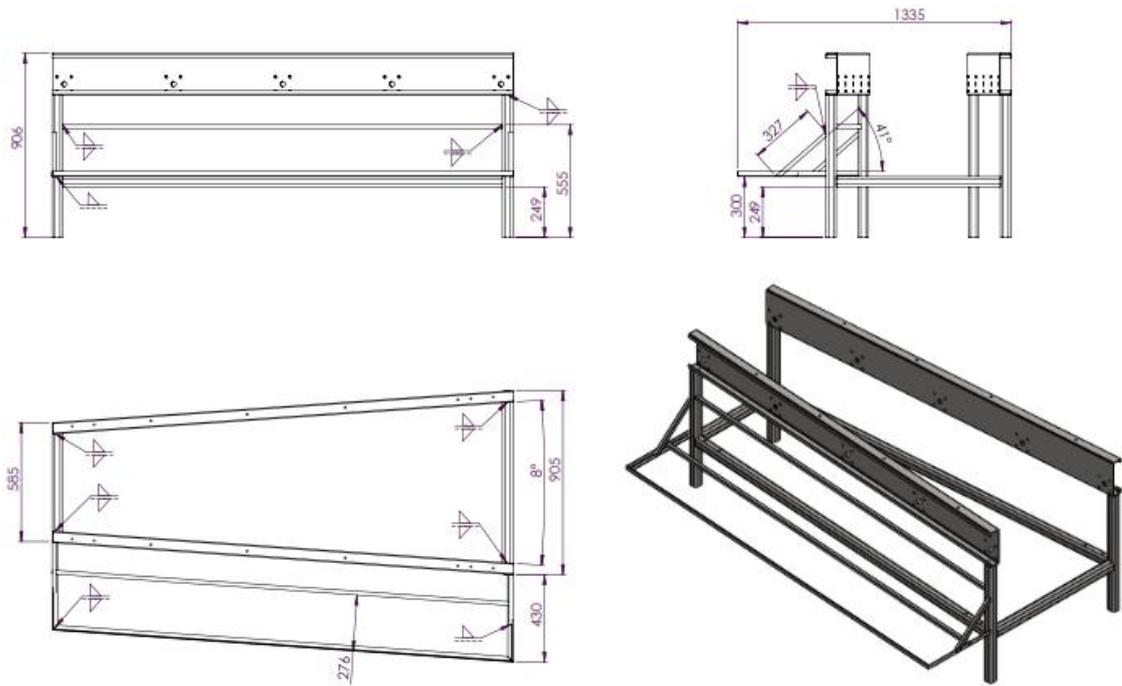


Figura. 9-4: Estructura principal.

Fuente: Autores.

#### 4.9.1 Características geométricas de la estructura

En la figura 8-4, se indica la forma que tiene la estructura principal, la cual está construida de tubo estructural de acero inoxidable, para los soportes dos perfiles construidos tipo C de lámina de acero AISI 304 de espesor de 3 mm y de igual forma la base donde reposará el motor eléctrico.

La estructura se somete a un análisis estático en el programa SOLIDWORKS, en el cual se simula y se verifica la resistencia a las cargas sometidas en la estructura enumerada a continuación.

- Peso de la estructura y elementos que conforman (motor, ejes, poleas, chumaceras, cable termo soldable bandejas de recepción tolva de alimentación) la máquina = 137.6 kg-f = 1348.48 N en la figura 9-4 se indica el proceso para verificar si la estructura resiste a cargas generadas por los elementos de la maquina

#### 4.9.2 Procedimiento para el análisis estático.

Para el procedimiento del análisis estático se asignara las cargas en cada punto de la estructura

Resultados del análisis estático. En la figura 8-4, se indica el resultado de esfuerzos máximos producidos en la estructura base, en la cual el esfuerzo máximo obtenido es:

$$\sigma_{max} = 2.068 \times 10^{008} \frac{N}{m^2} = 2068000KPa.$$

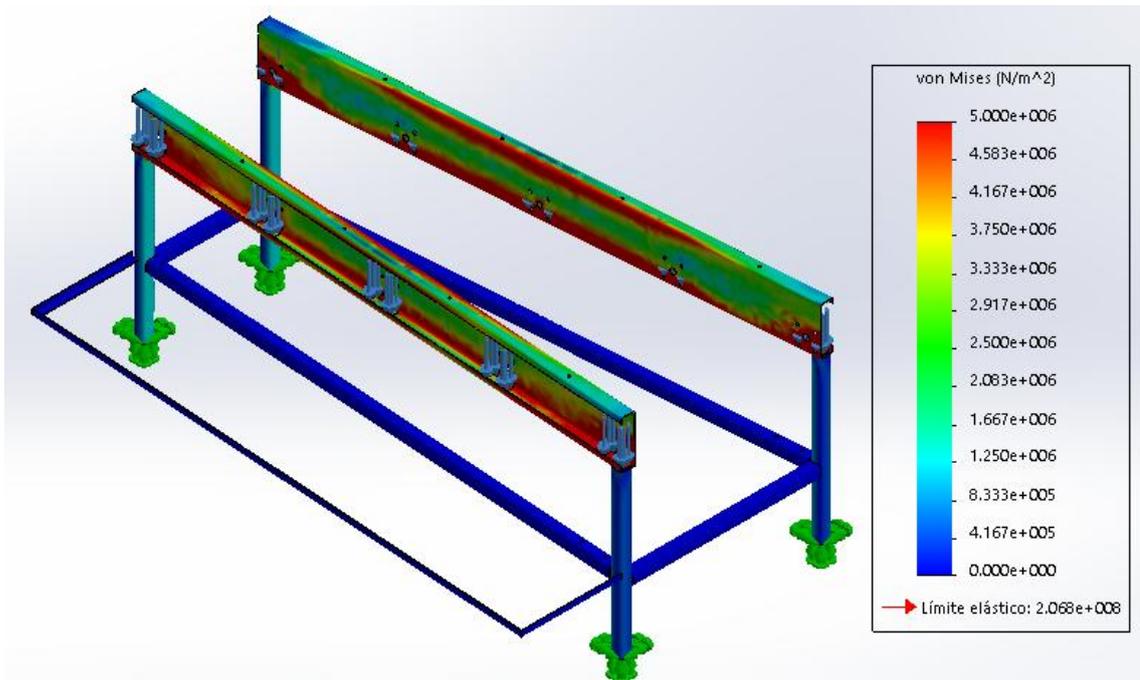


Figura.10-4: Esfuerzos en la estructura base.

Fuente: Autores

Con el factor de seguridad encontrado mediante la simulación del análisis estático se obtendrá la resistencia de la estructura como indica en la figura 9-4.

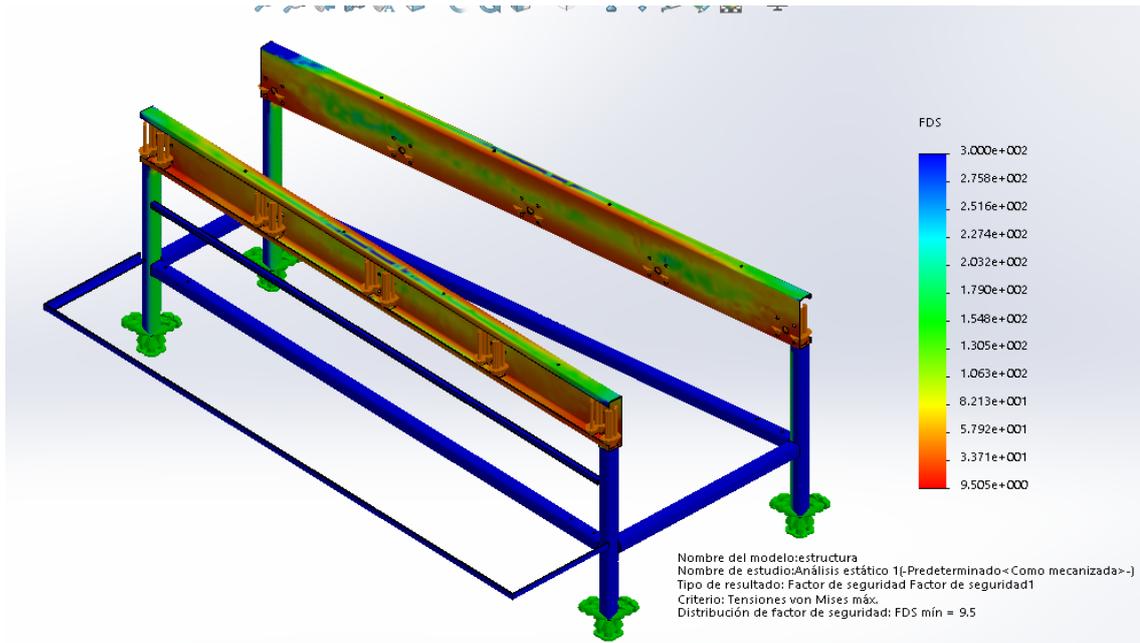


Figura.11-4: Factor de seguridad de la estructura base.

Fuente: Autores

El resultado encontrado mediante el análisis estático de un factor de 9,5 el cual indica que resiste la estructura sin problema alguno.

#### 4.10 Selección de las chumaceras

Para la selección las chumaceras deben cumplir con las exigencias de duración, servicio, alta fiabilidad y rentabilidad para lo cual optamos por seleccionar elementos del catálogo de rodamientos FAG.

##### 4.10.1 Cálculo de las reacciones en los apoyos

$$R_A = \sqrt{R_{Ay}^2 + R_{Az}^2} \quad (42)$$

$$R_A = \sqrt{928,67^2 + 438,12^2}$$

$$R_A = 1026.83 \text{ N}$$

$$R_B = \sqrt{R_{By}^2 + R_{Bz}^2} \quad (43)$$

$$R_B = \sqrt{51,33^2 + 439,22^2}$$

$$R_B = 442.2 [N]$$

$$\text{Para } \frac{F_a}{F_r} \leq e,$$

Donde:

$F_a$  = Fuerza Radial. [N]

$F_r$  = Fuerza Axial. [N]

Entonces:

$F_a = 0$  (ver anexo J1)

$F_r = R_B$

$$F_r = \sqrt{1026,8^2 + 442,2^2} \quad (44)$$

$$F_r = 1118 [N]$$

$$P_0 = F_r = 1118 [N]$$

- Capacidad de carga básica: (ver anexo J2)

$$C = 14 \text{ kN}$$

$$C_o = 7.8 \text{ kN}$$

• Caso estático

$$(C_{cal})_o = f_s * P_0 \quad (45)$$

Donde:

$(C_{cal})_o$  = capacidad de carga.

$f_s$  = factor de esfuerzos estaticos.

$P_o$  = carga estatica equivalente (axial o radial)

Valores de factor de esfuerzos estáticos mostrados en el catálogo FAG:

$f_s = 1,5 \dots 2,5$  para exigencias elevadas.

$f_s = 1 \dots 1,5$  para exigencias normales.

$f_s = 0,7 \dots 1$  para exigencias reducidas.

Remplazando en la ecuación (44) tenemos.

$$(C_{cal})_o = 1,5 * 1118 N$$

$$(C_{cal})_o = 1677 [N]$$

• Caso dinámico.

$$C_{cal} = \frac{f_l}{f_n} * P \quad (46)$$

Donde:

$C_{cal}$  = capacidad de carga calculada.

$L_h = 3000$  horas aproximadamente.

$f_l$  = factor de esfuerzos dinamicos (ver anexo).  $f_l = 1.82$

$f_n$  = factor de velocidad (ver anexo J3)

$$n = 35 \text{ RPM}$$

$$f_n = 0.993$$

Remplazando en la ecuación (45) tenemos.

$$C_{cal} = \frac{1.82}{0.993} * 1118 N$$
$$C_{cal} = 2049.1 N$$

Como:

$$(C_{cal})_o \leq C_o$$
$$C_{cal} \leq C$$

Cumple con las condiciones de funcionamiento en nuestra máquina, seleccionamos las chumaceras UCF 200 del catálogo SKF.

## **CAPÍTULO V**

### **5 CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DE LA MÁQUINA CLASIFICADORA DE FRESA**

La construcción y el posterior montaje de la maquina clasificadora de fresas muestran el resultado de la etapa del diseño de materialización donde se calcularon los parámetros fundamentales y se seleccionaron los elementos que constituyen la máquina, siguiendo una serie de procesos realizados para cada elemento que conforma los diferentes sistemas los cuales son:

- Sistema estructural,
- Sistema de dosificación,
- Sistema de selección,
- Sistema de recolección
- Sistema motriz.

#### **5.1 Máquinas y Herramientas**

Las máquinas y herramientas utilizadas en el proceso de construcción de la máquina clasificadora de fresas por tamaños son los siguientes:

- Soldadora eléctrica.
- Juego de llaves.
- Tronzadora.
- Cuchilla de torno.
- Taladro de mano.
- Machuelos.
- Taladro de banco.
- Dobladora hidráulica.
- Juego de llaves hexagonales.

- Cortadora hidráulica.
- Brocas.
- Discos de pulir.
- Calibrador pie de rey
- Torno.
- Torno CNC.
- Flexómetro.
- Moladora.
- Escuadra.
- Limatón.

## 5.2 Materiales para la construcción

Los materiales que se utilizaron para la construcción de la maquina clasificadora de fresas se detalla a continuación en la tabla 1-5. Los cuales fueron seleccionados cumpliendo los requerimientos de la norma para la manipulación de alimentos en contacto directo con la fruta.

Tabla 1-5 lista de materiales seleccionados.

Unidad	Descripción
1	Eje solido acero inoxidable AISI 304 de d=1in de 6m longitud.
2	Tubos acero inoxidable AISI 304 de 50x50x2 de 6m longitud
½	Plancha de acero inoxidable AISI 304 e=3 mm 1220x2440
2	Plancha de acero inoxidable AISI 304 e=1 mm 1220x2440
1	Libra de electrodo E308L
40	Pernos galvanizados 1/4x1
8	Pernos galvanizados 1/4x3
10	Chumaceras UCF 205 de pared
4	Chumaceras UCP 205 de piso
2	Bandas A33
1	Polea 3x2A Aluminio
1	Polea 2x2A Aluminio
252	Prisioneros

Realizado por: Cristian Bonifaz, Marco Pallasco. 2017

Fuente: Autores

### 5.3 Proceso de construcción y montaje

A continuación, se detalla los pasos seguidos para la construcción de cada uno de los elementos que conforman la máquina clasificadora de fresas, las medidas de los elementos construidos se los representa en los planos.

#### 5.3.1 Elementos de construcción

La máquina se divide en cinco sistemas los cuales son:

- Sistema estructural,
- Sistema de dosificación,
- Sistema de selección,
- Sistema de recolección
- Sistema motriz.

A continuación en la tabla. 2-5, se presenta los elementos que forman la máquina clasificadora de fresas, detallado el tipo de material del que está elaborado y la cantidad utilizada para la construcción de dichos elementos.

Tabla 2-5: Elementos de construcción

Sistema	Elemento	Cantidad	Material
Estructural	Base de la estructura	1	Tubo cuadrado acero inoxidable AISI 304 de 50x50x2 mm
	Base del motor	1	Plancha acero inoxidable AISI 304 e= 2mm
	Soporte para los ejes y las chumaceras	1	Plancha acero inoxidable AISI 304 e= 3mm
Dosificación	Tolva de dosificación	1	Plancha de acero inoxidable AISI 304 e= 1mm
	Base de la tolva	1	Perfil estructural

Tabla 2-5: (Continuacion) Elementos de construcción.

Clasificación	Sistema de poleas divergentes	126	Nylon D=8mm, e=16mm
	Cordón	1	Poliuretano D=8mm
Recolección	Bandejas	5	Plancha acero inoxidable AISI 304 e= 1mm
	Tolva de salida del fruto	5	Plancha acero inoxidable AISI 304 e=1mm
Transmisión	Eje motriz	1	Barra de acero inoxidable AISI 304 D=1 in
	Ejes secundarios de arrastre	6	Barra de acero inoxidable AISI 304 D=1 in
	Polea motriz	1	Aluminio D= 1in
	Polea conducida	1	Aluminio D=1in
	Chumaceras de pared	10	Normalizada
	Chumaceras de piso	4	Normalizada
	Motor eléctrico monofásico	1	WEG 1hp
	Bandas	2	Normalizada

Realizado por: Cristian Bonifaz, Marco Pallasco. 2017

Fuente: Autores

### 5.3.1.1 Operaciones de construcción para cada sistema

A continuación, se presenta la tabla. 3-5 un esquema con las operaciones realizadas en el proceso de construcción de la máquina clasificadora de fresas, se detalla también el tiempo empleado en cada operación.

Tabla 3-5: Operaciones de construcción de los elementos de la máquina

<b>Sistema estructural</b>			
			
Elemento	N°	Operación	Tiempo (h)
Base de la estructura	1	Toma de medidas y trazado	1
	2	Corte y rectificado	1
	3	Pre soldado	1
	4	Escuadrado	0.5
	5	Soldado	1
	6	Esmerilado	1
	7	Pulido	2
Base del motor	8	Toma de medida y trazado	0.5
	9	Corte	0.25
	10	Doblado	0.5
	11	Pre soldado	0.25
	12	Escuadrado	0.25
	13	Soldado	0.5
	14	Esmerilado	0.25
	15	Pulido	0.25
Soporte para los ejes y las chumaceras	16	Toma de medidas y trazado	1
	17	Corte	0.5
	18	Doblado	0.5
	19	Perforado	4
	20	Rectificado	1
	21	Pulido	1

Realizado por: Cristian Bonifaz, Marco Pallasco. 2017

Fuente: Autores.

Tabla 4-5: Sistema de dosificación.

<b>Sistema dosificación</b>			
			
<b>Elemento</b>	<b>Nº</b>	<b>Operación</b>	<b>Tiempo (h)</b>
Tolva de dosificación	22	Toma de medidas y trazado.	0,25
	23	Corte.	0,25
	24	Doblado.	0,25
	25	Perforado (soldado)	0,25
	26	Pulido.	0,5
Base de la tolva	27	Toma de medidas y trazado.	0,25
	28	Corte.	0,25
	29	Soldado	0,5
	30	Pulido	0,5

Realizado por: Cristian Bonifaz, Marco Pallasco. 2017

Fuente: Autores.

Tabla 5-5: Sistema de clasificación.

<b>Sistema clasificación</b>			
			
<b>Elemento</b>	<b>Nº</b>	<b>Operación</b>	<b>Tiempo (h)</b>
Sistema de poleas divergentes	31	Toma de medidas	1
	32	Torneado CNC	72
	33	Refrentado	8
	34	Perforado	4

Tabla 5-5: (Continuacion) Sistema de clasificación.

	35	Roscado	4
	36	Pulido	4
Cordón	37	Toma de medidas	2
	38	Corte	1
	39	Unión	8

Realizado por: Cristian Bonifaz, Marco Pallasco. 2017

Fuente: Autores.

Tabla 6-5: Sistema de recolección.

<b>Sistema recolección</b>			
			
Elemento	Nº	Operación	Tiempo (h)
Bandejas	40	Medida y trazado.	0,5
	41	Corte.	0,5
	42	Doblado.	0,5
	43	Perforado.	0,5
	44	Remachado	0,25
	45	Empernado.	0,25
Tolva de salida del fruto	46	Toma de medidas y corte.	0,25
	47	Doblado.	0,25
	48	Soldado.	0,25
	49	Pulido.	0,5

Realizado por: Cristian Bonifaz, Marco Pallasco. 2017

Fuente: Autores.

Tabla 7-5: Sistema motriz.

<b>Sistema motriz</b>			
			
Elemento	N°	Operación	Tiempo (h)
Eje principal	50	Toma de medidas	0.25
	51	Corte	0.25
	52	Torneado	0.25
Ejes secundarios de arrastre	53	Toma de medidas	0.5
	54	Corte	0.5
	55	Torneado	0.5
Polea motriz	56	Rectificado	0.25
	57	Perforado	0.25
	58	Roscado para prisionero	0.25
Polea conducida	59	Rectificado	0.25
	60	Perforado	0.25
	61	Roscado para prisionero	0.25
<b>Total horas (h)</b>			130,25
<b>Total día (8 horas laborables)</b>			17

Realizado por: Cristian Bonifaz, Marco Pallasco. 2017

Fuente: Autores.

### 5.3.2 Montaje de la máquina clasificadora de fresas

A continuación en la tabla 8-5 se presenta el tiempo empleado y simboliza cada proceso de montaje a seguir en cada etapa de conformación de la máquina esta etapa nos servirá para realizar el flujo grama de proceso.

Tabla 8-5: Montaje de elementos del sistema de clasificación

<b>Montaje del sistema de clasificación</b>		
<b>Operación</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Tiempo (h)</b>
Traslado de elementos al taller	M1	0.25
Montaje de las chumaceras de pared	M2	4
Montaje de ejes motriz y ejes guías	M3	4
Ajuste de pernos	M4	1
Montaje de las poleas	M5	2
Montaje del cordón	M6	2
Ajuste de prisioneros	M7	2
<b>TOTAL</b>		<b>15,25</b>

Realizado por: Cristian Bonifaz, Marco Pallasco. 2017

Fuente: Autores.

En la tabla 9-5 está definido el tiempo para el montaje del sistema motriz de la maquina clasificadora de fresas.

Tabla 9-5: Montaje del sistema motriz

<b>Montaje del sistema Motriz</b>		
<b>Operación</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Tiempo (h)</b>
Montaje de la base del motor.	M8	0.5
Montaje sistema motor-reductor	M9	0.5
Montaje polea motriz.	M10	0.5
Montaje polea conducida.	M11	0.5
Montaje de las bandas.	M12	0.5
Regulación y templada de bandas.	M13	0.5
Ajuste de pernos y prisioneros.	M14	0.5
<b>TOTAL</b>		<b>3,5</b>

Realizado por: Cristian Bonifaz, Marco Pallasco. 2017

Fuente: Autores.

En la tabla 10-5 está definido el tiempo para el montaje del sistema de recolección.

Tabla 10-5: Montaje de elementos del sistema de recolección.

<b>Montaje del sistema de recolección</b>		
<b>Operación</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Tiempo (h)</b>
Unión del cordón.	M15	24
Montaje del cordón en las poleas.	M16	2
Calibración de las poleas.	M17	2
Tensionado del cordón.	M18	1
Ubicación del cordón en las poleas.	M19	1
<b>TOTAL</b>		<b>30</b>

Realizado por: Cristian Bonifaz, Marco Pallasco. 2017

Fuente: Autores.

Tabla 11-5: Montaje de elementos del sistema de dosificación.

<b>Montaje del sistema de dosificación</b>		
<b>Operación</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Tiempo (h)</b>
Soldado de los soportes de la tolva.	M20	1
Pulido.	M21	0,5
Ubicación de la tolva en la base.	M22	1
Ubicación del ángulo de caída de la tolva.	M23	1
Fijación de la tolva a la base de la estructura.	M24	1
<b>TOTAL</b>		<b>4,5</b>

Realizado por: Cristian Bonifaz, Marco Pallasco. 2017

Fuente: Autores.

### 5.3.2.1 *Flujograma de proceso para el montaje de la máquina clasificadora de fresas*

Se presenta el diagrama de flujo utilizado en el proceso de montaje de los elementos constitutivos de la máquina clasificadora de fresas, de acuerdo a cada uno de los sistemas en los cuales se trató de optimizar tiempos y recursos a continuación la nomenclatura utilizada para describir cada uno de los sistemas:

A: Montaje del sistema motriz.

- B: Montaje del sistema clasificación.
- C: Montaje del sistema de recolección.
- D: montaje del sistema de dosificación.



Figura. 1-5 Diagrama de flujo de proceso.

Fuente: Autores.

### 5.3.3 *Tiempo total de construcción*

En la tabla. 12-5 se define el tiempo utilizado para la construcción de la máquina clasificadora de fresa, empezando el proceso de producción desde la materia prima hasta el ensamblaje en su totalidad.

Tabla 12-5 Tiempos previstos para la construcción y montaje

<b>Tiempos previstos para la construcción y montaje</b>	
Tiempo de construcción (días).	17
Tiempo total de construcción (h).	130,25
Tiempo de montaje (h)	53,25
Tiempo total de construcción en días (8h Laborables)	23

Realizado por: Cristian Bonifaz, Marco Pallasco. 2017

Fuente: Autores.

## 5.4 Proceso de construcción de los elementos de la máquina clasificadora de fresas

### 5.4.1 Construcción de la base soporte de los ejes

Esta base sirve de apoyo donde se colocarán las chumaceras y los ejes del sistema de clasificación, está construida en  $\frac{1}{2}$  plancha en acero inoxidable AISI 304, de espesor  $e=3\text{mm}$ , se encuentra en contacto directo con la fruta, en un proceso de doblado se formó un perfil estructural de  $200\times 50\times 20$  con medidas exactas como se muestra en la figura.



Figura. 2-5 base soporte

Realizado por: Autores

Luego se realizó las perforaciones de los agujeros donde se montaran las chumaceras, en las dos caras posteriores del perfil estructural como se muestra en la figura.



Figura. 3-5: Agujeros para chumaceras

Realizado por: Autores

#### **5.4.2 Construcción de la estructura o patas de la máquina**

El sistema estructural está construido en tubo cuadrado de acero inoxidable AISI 304 de 50x50x2, soldado a la base soporte para formar la estructura de la máquina y escuadrado para obtener una simetría exacta como se muestra en la figura.



Figura.4-5: Estructura soldada a la base soporte.

Fuente: Autores

Posterior se junta las dos partes de la estructura y se sueldan manteniendo la simetría y las medidas exactas, obteniendo así la estructura que servirá para el posterior montaje de los ejes como se muestra en la figura.



Figura.5-5: Estructura de la máquina

Fuente: Autores

Finalmente se realiza el proceso de pulido para limpiar las superficies donde se realizó el cordón de soldadura y mantener un acabado que mejore la presentación de la máquina como se observa en la figura 6-5.



Figura.6-5: Estructura terminada

Fuente: Autores

### **5.4.3 Eje motriz y ejes guías**

Los ejes constan de una barra de acero inoxidable AISI 304, de  $D=1$ in de diferente longitud los cuales serán montados en las paredes de la base por chumaceras como se muestra en la figura. 7-5.



Figura.7-5: Ejes ensamblados en la base

Fuente: Autores

### **5.4.4 Montaje de las poleas**

Las poleas son montadas en los ejes, un total de 18 poleas en cada uno, la polea nos servirá como guía para el cordón y ajustadas con prisioneros de  $3/8$ " , a ciertas distancias como se muestra en la figura.



Figura.8-5: Montaje de las poleas

Fuente: Autor

Al final tenemos el sistema de selección listo para el posterior montaje del cordón como se muestra en la figura.



Figura.9-5: Montaje Sistema de poleas

Fuente: Autores

#### **5.4.5 Montaje del sistema motriz**

El sistema motriz consta de un motor acoplado a una caja reductora, por medio de un sistema de transmisión por banda transmitirán potencia al eje motriz como se muestra en la figura.



Figura.10-5: Sistema motriz montado.

Fuente: Autores

#### **5.4.6 Montaje del sistema de selección**

Está compuesto por cordones redondos de diámetro  $d= 8\text{mm}$  que van montados sobre las poleas y separados a una distancia que permita la clasificación de la fresa como se muestra en la figura.



Figura.11-5: Montaje de los cordones de selección.

Fuente: Autores.

#### **5.4.7 Montaje de la tolva de dosificación**

La tolva de dosificación está construida en acero inoxidable AISI 304 con un espesor de 1,5mm, montada sobre los soportes por tornillos auto perforantes como se indica en la figura.



Figura.12-5: Montaje de la tolva de dosificación.

Fuente: Autores.

#### **5.4.8 Montaje bandejas de recolección**

Las bandejas de recolección de fresa ya clasificada está construida en acero inoxidable AISI 304 de espesor 1,5mm y sujeta a la estructura por rieles para su fácil desmontaje y fijado con tornillos auto perforantes como se muestra en la figura.



Figura. 13-5: Montaje de bandejas de recolección.

Fuente: Autores.

## CAPÍTULO VI

### 6 MANUAL PARA LA OPERACIÓN, MATENIMIENTO Y ANÁLISIS DE COSTOS PARA LA CLASIFICADORA DE FRESAS

#### 6.1 Manual para la operación de la máquina

El manual para la operación de la máquina ayuda al operador a manipular de manera correcta el funcionamiento de la máquina y a tomar todas las medidas de precaución necesarias cuando la máquina se encuentre operativa.

##### 6.1.1 Vista general de la máquina clasificadora de fresa

A continuación, se presenta los elementos constitutivos de la máquina en la Tabla 1-6:

Tabla.1-6: Vistas de la máquina clasificadora de fresa

	- TOLVA DE DOSIFICACIÓN
	- SISTEMA DE CLASIFICACIÓN
	- BANDEJAS DE RECOLECCIÓN DE FRESAS SELECCIONADAS POR TAMAÑOS.
	- SISTEMA MOTRIZ DE LA MÁQUINA

Realizado por: Cristian Bonifaz, Marco Pallasco. 2017

Fuente: Autores.

### 6.1.2 Características de la máquina clasificadora

A continuación, se muestra en la tabla 36 las características generales de la máquina clasificadora de fresas.

Tabla 2-6 Características de la máquina.

<b>Máquina clasificadora de fresas</b>	
<b>Características generales</b>	Dimensiones: Alto: 906 mm Ancho1: 585 mm Ancho2: 905 mm Longitud: 2686 mm
	Capacidad de clasificación: 100 kg/hora
	Material de Construcción: Acero inoxidable AISI 304
	Motor: Moto reductor 1hp, CA, 110V
	Peso total de la máquina: 150 kg

Realizado por: Cristian Bonifaz, Marco Pallasco. 2017

Fuente: Autores.

### 6.1.3 Instalación del equipo

Con el fin de que el funcionamiento de la máquina no se vea afectado por factores externos y cumpla su función eficientemente y no dañe la fruta se recomienda lo siguiente:

- Colocar la máquina en una superficie plana, que la estructura no quede desnivelada.
- Verificar que el nivel de tensión en las bandas sea adecuado, de no serlo mover los pernos en la base del motor hasta obtener una tensión adecuada y ajustar los pernos.
- Verificar que el cordón se encuentre en su lugar

### 6.1.4 Instrucción de operación.

Es el procedimiento que se debe seguir para realizar el proceso de selección de fresas por tamaños.

#### 6.1.4.1 Puesta en marcha de la máquina.

Para la puesta en marcha de la máquina tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

Tabla.3-6: Puesta en marcha

<p>Tensión en la cuerda. - Eje tensor</p> 	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Verificar la tensión de los cordones del sistema de clasificación, en el caso de no contar con una tensión necesaria ajustar los pernos ubicados en el eje motriz inferior, así mismo revisar que todos los cordones estén en su lugar y puestos en la ranura de las poleas.</li></ol>
	<ol style="list-style-type: none"><li>2. Verificar la conexión eléctrica del motor hacia una fuente de energía de 120 V, y verificar que el botón de paro de emergencia se encuentre en la posición Normalmente cerrado.</li></ol>
	<ol style="list-style-type: none"><li>3. Pulsar el botón de encendido ubicado en la parte lateral derecha de la máquina.</li></ol>

Realizado por: Cristian Bonifaz, Marco Pallasco. 2017

Fuente: Autores.

### 6.1.5 Pasos para el proceso de selección de fresas con la máquina

Para el proceso de selección de fresas seguir los siguientes pasos mostrados en la tabla.4-6.

Tabla.4-6: Procesos de clasificación

	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Colocar los cartones sobre los soportes levantar las compuertas de las tolvas de salida del fruto clasificado.</li></ol>
	<ol style="list-style-type: none"><li>2. Levantar la gaveta de fresas cosechadas y llenar el producto en la tolva</li></ol>
	<ol style="list-style-type: none"><li>3. Retirar la fresa seleccionada por tamaños de la tolva y posterior retirar los cartones de 7 kg una vez llenada su capacidad.</li></ol>

Realizado por: Cristian Bonifaz, Marco Pallasco. 2017

Fuente: Autores.

## 6.2 Manual de mantenimiento de la máquina

Al estar en constante movimiento los elementos de la máquina clasificadora de fresas con el pasar del tiempo sufren desgaste y por ende el mal funcionamiento de sus mecanismos por lo cual conlleva tener un plan de mantenimiento que ayudara asegurar un buen funcionamiento y prolongar la vida útil de cada uno de estos elementos.

Tabla.5-6: Manual de Mantenimiento

Plan de mantenimiento preventivo de la máquina clasificadora de fresas						
Parte	Nº	Actividad	Recurso	Tiempo	Insumos y herramientas	Frecuencia
Estructura	1	limpieza	1 Ope.	15 min.	Desinfectante.	Diario
Sistema de clasificación	2	regulación	1 Ope.	30 min.	Calibrador, llave hexagonal	Diario
Poleas	3	Verificar y ajustar.	1 Ope.	15 min.	Inspección visual, llave hexagonal	Diario
Correas	4	Tensionar	1 Ope.	10 min.	Juego de llaves	Mensual
Chumaceras	5	Revisar y ajustar	1 Ope.	10 min.	llave hexagonal	Semanal
Motor	6	Revisar y ajustar	1 Elec.	10 min	Juego de llaves.	mensual

Fuente: Autores

Donde:

Ope: Operador.

Mec: Mecánico.

Elec: electricista.

### 6.2.1 Riesgos y medidas preventivas

Es muy importante tener conocimiento de los riesgos que puedan tener durante la etapa de transporte de la fruta y posterior operación de la máquina presentamos a continuación información que ayudara al operador a evitar accidentes.

## 6.2.2 Riesgos ergonómicos.

La agricultura representa un sustento en la vida diaria de personas que se dedican a esta actividad, es por eso que tomamos como factor de riesgo la ergonomía a la acción de levantar las gavetas de fresa recolectada en la cosecha hacia la tolva.

El peso máximo que se recomienda no sobrepasar en condiciones ideales de manipulación es de 25 kg, para trabajadores jóvenes y mayores no se deberían manejar cargas superiores a 15 kg, en circunstancias especiales, trabajadores sanos y entrenados podrían manipular cargas de hasta 40 kg siempre que la tarea se realice de forma esporádica y en condiciones seguras. Fuente: (Ruiz, 2011)

## 6.2.3 Medidas de prevención

Tomar en cuenta las siguientes consideraciones para el uso de fuerza humana para levantamiento de objetos y la correcta manipulación de cajas.

### 6.2.3.1 Posición de la carga con respecto al cuerpo

En esta posición intervienen dos variables combinadas: la distancia horizontal (H) y la distancia vertical (V). A mayor H, mayor alejamiento de las cargas respecto al centro de gravedad del cuerpo del trabajador aumentando las fuerzas comprensivas que se generan en la columna vertebral, se recomienda un peso teórico que no se debería sobrepasar, en función de la zona en que se manipule como se muestra en la figura.1-6



Figura.1-6 Peso teórico recomendado en función de la zona de manipulación.

Fuente: (Ruiz, 2011 p. 14)

### 6.2.3.2 Tipos de agarre de la carga

Se pueden considerar dos tipos de agarre en el momento de levantar las cargas que son:

- *Agarre bueno.* Si la carga tiene asas u orificios recortados u otro tipo de agarres con una forma y tamaño que permita un agarre cómodo con toda la mano, permaneciendo la muñeca en una posición neutral, sin desviaciones ni posturas desfavorables. (Ruiz, 2011 p. 15)

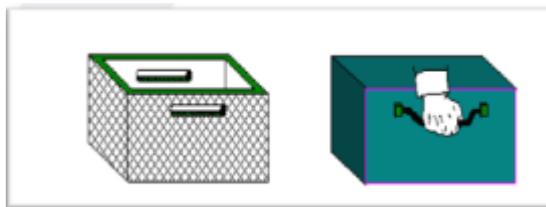


Figura.2-6 Agarre bueno

Fuente: (Ruiz, 2011 p. 16)

- *Agarre regular.* Si la carga tiene asas o hendiduras no tan óptimas, de forma que no permitan un agarre tan cómodo como en el apartado anterior. También se incluyen aquellas cargas sin asas que pueden sujetarse flexionando la mano 90° alrededor de la carga.

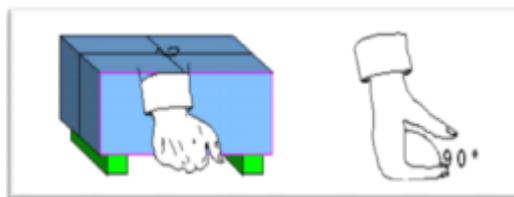


Figura.3-6 agarre regular 90°

Fuente: (Ruiz, 2011 p. 17)

### 6.2.3.3 Tamaño de la carga.

Una carga demasiado ancha va a obligar a mantener posturas forzadas de los brazos y no va a permitir un buen agarre de la misma. Tampoco será posible levantarla desde el suelo en una postura segura y mantener la espalda derecha. (Ruiz, 2011 p. 19)

Una carga demasiado profunda, aumentara la distancia horizontal, siendo mayores las fuerzas compresivas de la columna vertebral. Una carga demasiado alta podría entorpecer la visibilidad, existiendo riesgo de tropiezos con objetos que se encuentren en el camino. (Ruiz, 2011 p. 19)

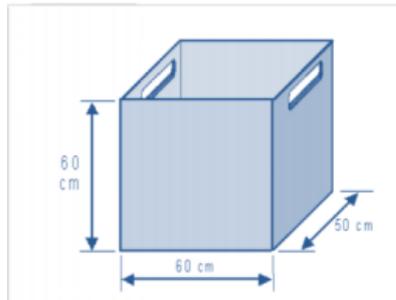


Figura.4-6 Tamaño máximo recomendable para una carga.

Fuente: (Ruiz, 2011 p. 19)

### **6.3 Análisis de costos de la máquina clasificadora de fresa.**

Para el análisis de costos y gastos empleados en la fabricación de la máquina se toma en cuenta parámetros como gastos directos, gastos indirectos y otros gastos de ingeniería etc.

#### **6.3.1 Costos directos.**

En esta sección detallaremos costos directos que se asocian directamente con la producción de la máquina tales como: mano de obra, materia prima, utilización de equipos, software, como principales factores directos en la construcción de la máquina clasificadora de fresa.

En la tabla.6-6 a continuación se muestra el tipo, cantidad y precio de los materiales usados en la construcción de la máquina

Tabla.6-6: Costos de material e insumos.

<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio unitario (USD)</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Total (USD)</b>
Eje solido acero inoxidable AISI 304 de $\phi=1$ in	M	30	6	180
Tubos acero inoxidable cuadrado AISI 304 de 50x50x2	m	23,33	12	279,96
Plancha de acero inoxidable AISI 304 e=3 mm 1220x2440	m <sup>2</sup>	300	0,5	150
Plancha de acero inoxidable AISI 304 e=1 mm 1220x2440	m <sup>2</sup>	56,65	2	113,3
electrodo E308L	lb	5	2	10
Arandelas	U	48	0,12	5,76
Pernos galvanizado 1/4x1	U	40	0,6	24
Pernos galvanizado 1/4x3	U	8	0,8	6,4
Chumaceras UCF 205 de pared	U	5,23	10	52,3
Chumaceras UCP 205 de piso	U	5,23	4	20,92
Bandas A33	U	1,5	2	3
Polea 3x2A Aluminio	U	4,3	1	4,3
Polea 2x2A Aluminio	U	2,54	1	2,54
Prisioneros	U	0,17	230	39,1
Poleas $\phi=80$ mm	U	6,5	126	819
moto reductor WEG 1 hp	U	200	1	200
<b>SUB TOTAL</b>				<b>1910,58</b>

Realizado por: Cristian Bonifaz, Marco Pallasco. 2017

Fuente: Autores.

Tabla 7-6: Costos de mano de obra

<b>Descripción</b>	<b>costo/hora (USD)</b>	<b>Cantidad (h)</b>	<b>Total (USD)</b>
Electricista	3,5	1	3,5
Soldador	4,5	4	18
Mecánico general	3	40	120
Ayudante	2,5	40	100
<b>SUB TOTAL</b>			<b>241,5</b>

Realizado por: Cristian Bonifaz, Marco Pallasco. 2017

Fuente: Autores.

Tabla.8-6: Costos de maquinaria y equipos

Descripción	costo/hora (USD)	horas-uso equipo	Total (USD)
Cortadora Hidráulica	5	0,5	2,5
Soldadora	4,25	4	17
Torno	1,25	0,5	0,625
Dobladora hidráulica	5	0,5	2,5
prensa de banco	1	2	2
taladro de pedestal	1,5	2	3
Amoladora	1	16	16
Pulidora	1	24	24
Esmeril	1	1	1
Escuadra	0,5	10	5
Flexómetro	0,5	24	12
calibrador pie de rey	0,8	24	19,2
<b>SUB TOTAL</b>			<b>104,82</b>

Realizado por: Cristian Bonifaz, Marco Pallasco. 2017

Fuente: Autores.

Tabla.9-6: costos directos totales

Descripción	costos (USD)
Costos de materiales e insumos.	1910,58
Mano de obra.	241,5
Máquinas y herramientas.	104,82
Transporte.	20
<b>SUB TOTAL</b>	<b>2276,90</b>

Realizado por: Cristian Bonifaz, Marco Pallasco. 2017

Fuente: Autores.

### 6.3.2 Costos indirectos.

Están relacionado con la creación de la máquina en esta sección tomaremos como costos indirectos la renta de equipos, de elementos de oficina, de uso de tecnología dadas en la tabla.10-6

Tabla.10-6: Costos para la investigación.

Descripción	Número de horas	Valor unitario	Valor total (USD)
estudio de campo	40	5	200
Internet	240	0,6	144

Tabla 10-6: (Continuación) Costos para la investigación.

Diseño	10	0,6	6
impresiones de planos			0
	SUB TOTAL		350

Realizado por: Cristian Bonifaz, Marco Pallasco. 2017

Fuente: Autores.

### 6.3.3 Costos totales.

A continuación se detalla el costo total de diseño, construcción y montaje de la máquina clasificadora de fresas.

Tabla.11-6: Gasto total

Descripción	costos (USD)
costos directos	2276,90
costos indirectos	350
<b>TOTAL</b>	<b>2626,90</b>

Realizado por: Cristian Bonifaz, Marco Pallasco. 2017

Fuente: Autores.

## CAPÍTULO VII

### 7 PRUEBAS Y RESULTADOS

Las pruebas realizadas en la máquina clasificadora de fresas tuvieron como objetivo principal demostrar la eficacia del diseño realizado y corregir los errores de diseño o fabricación que identificamos en esta etapa.

#### 7.1 Materiales y métodos

Para evaluar la efectividad de la máquina en correspondencia con la capacidad de clasificación proyectada a 100 kg/hora, así como la efectividad de la clasificación, se desarrollaron ensayos que tenían como variable de salida el tiempo de clasificación y la efectividad de la clasificación, es decir que las fresas clasificadas por la máquina corresponden con las clases y tamaños establecidos. Además, se observó el probable daño causado a la fruta por el proceso de clasificación al interactuar con la máquina.

Para desarrollar la prueba se hicieron 10 repeticiones en cada una de las cuales se llenó la tolva a su máxima capacidad proyectada, con 7 kg de fresa. Las fresas frutas fueron seleccionadas de diferentes tamaños según fueron cosechadas, antes de comenzar la prueba se ajustaron los componentes y elementos de clasificación, luego se encendió la máquina hasta alcanzar su velocidad nominal.

Los resultados de clasificación de cada muestra de 7 kg fueron recogidos en cada una de las salidas que tienen la máquina, los que se corresponden con las cuatro tipos de clase proyectada, en recipientes diferentes, posteriormente en cada recipiente fue verificado si el tamaño de la fresa se correspondían con la clase de cada recipiente, con la ayuda de un pie de rey. De conjunto con lo anterior determinaron el número de frutas con daños por el proceso de clasificación. En cada repetición de se midió tiempo de clasificación.

## 7.2 Resultado y discusión

En la tabla. 1-7 se muestran los resultados de clasificación de las 10 muestras en cajas de 7 kg.

Tabla.1-7: Resultados experimentales para caja de 7 kg

Muestra	CALIDAD DE LA CLASIFICACIÓN						% DE FRUTA CLASIFICADA CORRECTAMENTE.	% DE FRESAS DAÑADAS EN EL PROCESO
	Tiempo de clasificación (min)	% de FRUTAS BIEN CLASIFICADAS EN CADA CLASE						
		5ta. %	4ta. %	3ra. %	2da. %	1ra. %		
1	36,90	7,1	15,7	30,00	32,9	10,0	95,7	4,3
2	38,10	8,57	17,14	25,71	30,00	15,71	97,1	2,9
3	40,48	10,00	18,57	27,14	32,86	10,00	98,6	1,4
4	38,10	7,14	17,14	28,57	30,00	14,29	97,1	2,9
5	42,86	8,57	20,00	24,29	30,00	14,29	97,1	2,9
6	45,24	11,43	18,57	27,14	34,29	7,14	98,6	1,4
7	38,10	14,29	17,86	28,57	14,29	25,00	100,0	0
8	36,19	14,29	21,43	28,57	28,57	5,71	98,6	1,4
9	37,14	5,71	17,86	28,57	35,71	12,14	100,0	0
10	41,67	7,14	14,29	21,43	35,71	21,43	100,0	0
MEDIA	39,48	9,43	17,86	27	30,43	13,57	98,3	1,7
MIN.	36,19	5,71	14,29	21,43	14,29	5,71	95,7	1,4
MAX.	45,24	14,29	21,43	30	35,71	25	100	2,9

Realizado por: Cristian Bonifaz, Marco Pallasco. 2017

Fuente: Autores.

Analizando los resultados de la tabla en relación con el tiempo se observa que el valor medio está en los 0.7 horas (40 min) y oscila entre 36 y 45 minutos, si tomamos en cuenta que la clasificación manual de una persona especializada tardan un tiempo de hasta 2 horas (120 min), entonces la máquina representa un valor de ahorro en tiempo de 1.3 horas (80 min), si evaluamos entonces en 8 horas de trabajo (480 min) de la máquina clasifica 1200 kg (170 cajas) a comparación de una persona que en 8 horas selecciona 400 kg (57 cajas), por tanto la máquina ahorra en tiempo 5,33 horas (320 min) y en peso 800kg (114 cajas) de fresa.

Comparando económicamente estos valores y sabiendo que el costo de mano de obra por persona en el proceso de agricultura está alrededor de 10 dólares Americanos por jornada de trabajo y que solo alcanza 400 kg (57 cajas) utilizando la máquina clasificadora triplica la producción y representa un ahorro de 30 dólares por jornada y un total de 600 dólares al mes.

En relación a la calidad de clasificación se observa que por media no disminuye nunca del 98,3% de buena calidad del fruto, lo cual se encuentra en un rango de calidad adecuado es decir que de 100 kg de fresa, 98,3 kg es óptima y solo 1,7 kg de fresa sufre algún tipo de daño en el proceso, ya sea en el sistema de clasificación, por encontrarse con más del porcentaje de madures requerido para la aplicación o por efectos varios.

En relación al funcionamiento de la máquina no se presentó ningún fallo y se cumplió con los parámetros de diseño.

Tabla. 2-7: Comparación de métodos de clasificación.

Método manual		Método mecánico	
Kg	tiempo (horas)	kg	tiempo (horas)
100	2	100	0,7

Realizado por: Cristian Bonifaz, Marco Pallasco. 2017

Fuente: Autores.



Ilustración 1-7: Comparación de métodos manual y mecánico

Fuente: Autores

Como podemos observar en la figura anterior comparando el método manual y el método mecánico es recomendable utilizar la máquina clasificadora de fresas, haciendo una

diferencia nos indica que el método mecánico es más rápido y sobrepasa al método manual en un 46%, en productividad de fresa seleccionada en 1 hora.

### **7.3 Conclusiones**

- A partir de los estudios previos, se realizó una encuesta de campo a productores donde se determinó las características nutrimentales, geométricas promedio de las fresas y las máquinas similares.
- Del análisis del estudio bibliográfico se propuso la metodología de diseño basada en el libro de diseño concurrente del autor Carles Riba i Romeva. La cual está formada por 4 etapas: Estudios Previos, diseño de Concepto, diseño de materialización, diseño de detalle, en cada etapa se realizan varias actividades en la cual se indica los métodos que se utilizaron.
- Aplicando la metodología del diseño se determinó las características geométricas de la fresa con estudios de campo llegando al diseño de detalle y fabricación teniendo toda la información de plano para la fabricación de la máquina.
- Una vez construido la maquina por los procedimientos de fabricación se evaluó y arrojó el tiempo promedio de clasificación de 40 minutos que fue 1.2 horas menor a la clasificación manual, el 1,7% de daño y mala clasificación fue insignificante con lo cual cumple con el objetivo propuesto, en el orden económico se obtuvo un ahorro de 600 dólares al mes y se redujo el tiempo de trabajo y se triplicó la cantidad de fresa clasificada.

### **Recomendaciones**

- El fruto para ser clasificado debe estar en un 70 % de su madurez para evitar daños al momento de ser clasificado.

- Se debe tomar muy en cuenta la existencia a nivel nacional y el precio de los cordones termo soldables.
- La máquina por su diseño de poleas regulables tiene la capacidad de clasificar frutos con características similares a la fresa.
- El operador debe cumplir con las normas de manipulación de alimentos y evitar en lo mínimo posible el contacto directo con el producto siguiendo las recomendaciones de operación de la máquina.

## BIBLIOGRAFÍA

- AGROBOT.** *Robot para clasificar y cosechar fresas.* [En línea].Huelva- España: 2010. [Consulta:5 de Mayo 2016].Disponible en: [http://sociedad.elpais.com/sociedad/2010/05/28/actualidad/1274997612\\_850215.html](http://sociedad.elpais.com/sociedad/2010/05/28/actualidad/1274997612_850215.html)
- ANGOS MEDIAVILLA, Mario Fernando, & CALVOPÍÑA ENRIQUEZ, Hector.** Departamento de ciencias de la energia y mecanica. Quito-Ecuador. 2013. [Consulta: 10 de Abril 2016.] Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/7480/1/T-ESPE-047506.pdf>.
- BOHMAN, Ivan.** Catalogo Plasticos de ingenieria. 3<sup>ra</sup> ed. Quito-Ecuador: 2016, pp. 46.
- CHANGUAN GONZALES, Johanatan Eduardo, & YANCHALIQUIN TIXILEMA, Edgar Estuardo.** Diseño y construccion de una maquina desgranadora de frejol para el canton Pangua.(trabajo de titulacion) (Ingenieria), Escuela Superior Politecnica De Chimborazo, Mecanica, Ing.mecanica, Riobamba-Ecuador. 2016. pp. 23-140.
- EL AGRO.** Agricultores le apuestan al cultivo de fresa"El Agro". [en linea],2013,Ecuador, [Consulta:18 de Diciembre 2013]. Disponible en: <http://www.revistaelagro.com/agricultores-le-apuestan-al-cultivo-de-fresas/>.
- HENDRICKSON, Alan.** Mechanical design for the Estage. Oxford-USA : Library of congress Cataloging-in-publication-data, 2008. pp. 130.
- HORTOPARTS.** *Calibrador de fruta calibrador de rodillos basculantes,* [En línea] [consulta: 5 Enero 2017]. Disponible en: <http://hortoparts.es/calibrado-de-fruta-calibrador-de-rodillos-basculantes/>.
- HYDRO ENVIRONMENT,** *Guia para el cultivo de fresa.*[En línea],[Consulta:15 ABRIL de 2016.]. Disponible en: [http://hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main\\_page=page&id=290](http://hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=290)
- INDUSTRIAS JQ.** *Plasticos de ingenieria,* [En línea]. *Propiedades de la poliamida.* Buenos Aires-argentina. 2006.[Consulta:5 de Mayo 2016]. Disponible en: <http://www.jq.com.ar/imagenes/productos/Poliamida6/Poliam6/dtecnicos.htm>.
- KUNINAVI SITES SITE.** Vida y salud, foro vegetariano. [En línea] [Consulta:23 de Julio 2016]. Disponible en:<http://vidasalud.kuninavi.com/2015/01/23/fresa-o-frutilla/>.
- LOVEJOY.** Tipo L - Acoplamiento de mordaza estandar.[en linea],[Consulta 05 de Enero 2017]. Disponible en: <http://www.lovejoy-inc.com/l-type.aspx>

- MULTISCAN TECHNOLOGIES, S.L.** *Interempresas feria virtual*. [En línea],[Consulta:10 de Abril 2016.] Disponible en: <http://www.interempresas.net/Produccion-Aceite/FeriaVirtual/Escaparate-MultiScan-Technologies-56428.html>.
- OPTIBELT**, Cordon de poliuretano termosoldable. Guayaquil-Ecuador:2016. pp.3.
- RAISA.** *Cajas Reductoras*. [En línea],[Consulta 15 de Diciembre 2016]. Disponible en: <http://www.raisaslp.com.mx/Catalogo.pdf>.
- REDONDO FRUTAS Y HORTALIZAS.** *Fresa*..[En línea], Madrid-España [Consulta:10 de Abril 2016]. Disponible en: <http://www.redondofrutas.com/html/nuestrosproductos/fresa.html>.
- REVELO FLORES, Mariam Gabriela.** *Diseño y simulacio de una maquina cortadora de patrones*. Universidad Central del Ecuador. Quito-Ecuador, 2017. pp. 30-45
- REYES, M.U.** *Desing Concept and Operation of ASEAN Packinghouse Equipment for Fruits and Vegetables*.Philipine-USA,1988. pp.130
- RIBA, Carles & ROMEVA.** *Diseño concurrente*. Barcelona-España: ediciones JPC., 2002.
- RINGSPANN IBERICA,** *Reductores y motorreductores* [En línea], [Consulta: 5 de Enero 2017.]. Disponible en: <http://www.ringspann.es/es/sectores/reductores-y-motorreductores-industriales>.
- THE PLANT LIST** ,"Fragaria"*A Working list of all plants species* [en línea],2013 [Consulta: 5 de Mayo 2016]. disponible en: <http://www.theplantlist.org/1.1/about/>
- RUIZ RUIZ, Laura.** *Manipulacion manual de cargas guia de cargas*. [En línea] España, 2011. [Consulta: 8 de Enero 2017.].Disponible en: <http://intranet.insht.es/MusculoEsqueleticos/Contenidos/Formacion%20divulgacion/material%20didactico/GuiatecnicaMMC.pdf>.
- UNE-EN 1672-2:2006+A1:2009.***Maquinaria para proceso de alimentos. Conceptos basicos*. Parte 2: Requisitos de higiene.
- UNICAPERS.** *Food processing machinery. frutas y hortalizas*. [En línea] [Consulta: 5 de Enero 2017.]. Disponible en: <http://www.unicapers.com/web/maquinaria/frutas-y-hortalizas/nggallery/page/2>.
- WEG.** *Motores electricos*. [En línea].2006, Ecuador[consulta: 5 de Enero 2017].Disponible en: <http://old.weg.net/ec>

