



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y  
MECÁNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE INGENIERO MECATRÓNICO**

**TEMA: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA  
SEMIAUTOMÁTICO PARA MEJORAR EL TIEMPO DE PRODUCCIÓN  
DE FRITURAS DE PAPA.**

**AUTOR: CÓNDOR BASANTES, NATHALY LISSETH**

**DIRECTOR: ING. GORDÓN GARCÉS, ANDRES MARCELO**

**LATACUNGA**

**2019**



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA**

**CERTIFICACIÓN**

Certifico que el trabajo de titulación, “**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SEMIAUTOMÁTICO PARA MEJORAR EL TIEMPO DE PRODUCCIÓN DE FRITURAS DE PAPA**” fue realizado por la señorita *Cóndor Basantes, Nathaly Lisseth* el mismo que ha sido revisado en su totalidad y analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 31 de enero del 2019

Firma:

**Ing. Andrés Gordón Garcés**  
1803698800



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA CARRERA  
DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA**

**AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **Cóndor Basantes, Nathaly Lisseth**, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: ***Diseño e implementación de un sistema semiautomático para mejorar el tiempo de producción de frituras de papa*** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Consecuentemente el contenido de la investigación mencionada es veraz.

Latacunga, 31 de enero del 2019

**Nathaly Lisseth Cóndor Basantes**

C.C.: 0503971723



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA CARRERA DE  
INGENIERÍA EN MECATRÓNICA**

**AUTORIZACIÓN**

Yo, **Cóndor Basantes, Nathaly Lisseth** autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **Diseño e implementación de un sistema semiautomático para mejorar el tiempo de producción de frituras de papa** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga, 31 de enero del 2019



**Nathaly Lisseth Cóndor Basantes**

C.C.: 0503971723

## DEDICATORIA

Este trabajo de investigación lo dedico a Jehová Dios por cuidarme y darme las fuerzas necesarias para concluir mi carrera. A mis padres Susana y Sixto, porque siempre estuvieron junto a mí brindándome su amor, apoyo y consejos durante toda esta travesía, a mis hermanos Erika y Bryan por su compañía y cariño en todo momento y a todas aquellas personas que de una u otra manera han contribuido para el logro de mis objetivos

Nathaly

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Jehová Dios por la fortaleza y paciencia que me brindo para alcanzar mis metas, a mis padres y hermanos por darme su amor y apoyo para atravesar esta etapa, a mi tutor de tesis por el tiempo y apoyo brindado en mi proyecto y sin lugar a dudas agradezco a mis familiares y amigos por aportar con su incondicional apoyo para culminar con éxito el presente trabajo.

Nathaly

# ÍNDICE DE CONTENIDO

## CARÁTULA

CERTIFICACIÓN.....	i
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD .....	ii
AUTORIZACIÓN .....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO .....	v
RESUMEN .....	xv
ABSTRACT .....	xvi

## CAPÍTULO I

### ASPECTOS GENERALES

1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Justificación .....	3
1.3 Objetivos.....	4
1.4 Hipótesis.....	4
1.5 Metodología .....	5

## CAPÍTULO II

### FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.2. La microempresa alimenticia en Ecuador.....	8
2.3. La papa.....	9
2.3.1. Valor Nutritivo .....	9
2.3.2. Papas en la industria alimenticia ecuatoriana .....	10
2.3.3. Formas de consumo.....	10
2.4. Diagrama de flujo del proceso convencional.....	11
2.5. Máquinas involucradas en el proceso .....	12
2.5.1. Peladora .....	12
2.5.2. Cortadora o rebanadora .....	16
2.5.3. Freidor Volcable .....	18
2.6. Tolva .....	19
2.7. Sistemas mecánicos de transporte.....	20

2.7.1. Transportador helicoidal .....	20
2.7.2. Banda transportadora .....	21
2.8. Estado actual de la técnica .....	22
2.9. Acero inoxidable.....	23
2.9.1. Soldadura.....	24
2.10. Rodamientos.....	24
2.11. Neumática en la industria .....	25
2.11.1. Aire comprimido .....	26
2.11.2. Ventajas .....	26
2.12. Elementos Neumáticos .....	27
2.12.1. Compresor .....	27
2.12.2. Unidad de mantenimiento.....	27
2.12.3. Cilindro Neumático .....	28
2.12.4. Válvulas .....	29
2.13. Motores Eléctricos .....	32
2.13.1. Motor DC .....	32
2.13.2. Motor-reductor .....	33
2.14. Elementos de control.....	33
2.14.4. Controlador Lógico Programable (PLC).....	36
2.14.5. PLC LOGO!.....	37

### **CAPÍTULO III**

#### **DISEÑO Y SELECCIÓN DE COMPONENTES DEL SISTEMA**

3.1. Introducción .....	42
3.2. Diseño mecánico .....	43
3.2.1. Consideraciones para el diseño .....	44
3.2.2. Método de selección de alternativas .....	45
3.2.3. Adquisición de maquinaria .....	45
3.2.4. Selección de Material.....	50
3.2.5. Tolva de la peladora.....	51
3.2.6. Transportador helicoidal .....	57
3.2.7. Tolva de la banda elevadora.....	86

3.2.8. Banda transportadora elevadora.....	88
3.2.9. Mecanismo de elevación de la canastilla.....	105
3.2.10. Mesa de trabajo de la freidora .....	116
3.3. Diseño de accionamiento de apertura de puertas.....	117
3.3.1. Accesorios.....	122
3.4. Selección de componentes eléctricos, electrónicos y de control.....	122
3.4.1. Diagrama de flujo sistema automático .....	122
3.4.2. Selección de motores.....	124
3.4.3. Dimensionamiento de electroválvulas .....	128
3.4.4. Selección de sensores.....	128
3.4.5. Selección del controlador .....	130
3.5. Cálculo y selección de los elementos de protección.....	134
3.5.1. Dimensionamiento de los elementos de protección del sistema de potencia.....	135
3.5.2. Dimensionamiento de los elementos de protección del sistema de control.....	138
3.6.1. Modos de funcionamiento del sistema .....	140

## **CAPÍTULO IV**

### **CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DEL SISTEMA**

4.1. Adquisición de la Maquinaria .....	141
4.1.1. Peladora .....	141
4.1.2. Cortadora .....	141
4.1.3. Freidora .....	142
4.2. Construcción de la tolva de la etapa de pelado .....	143
4.3. Construcción de los sistemas mecánicos de transporte .....	143
4.3.1. Transportador helicoidal .....	143
4.3.2. Banda Transportadora .....	147
4.4. Mesa freidora.....	148
4.5. Construcción de estructuras de soporte de las diferentes etapas .....	148
4.6. Colocación de motores, mecanismos de apertura y rallado .....	149
4.7. Montaje de etapas .....	151
4.8. Montaje eléctrico.....	151
4.8.1. Tablero de control.....	151

4.8.2. Cableado de motores .....	152
4.9. Implementación del software .....	153
4.10. Bloques de programación del PLC .....	153
4.11. Funcionamiento del HMI.....	154

## **CAPÍTULO V**

### **PRUEBAS Y RESULTADOS**

5.1. Pruebas de funcionamiento mecánico y eléctrico .....	155
5.1.1. Conexiones eléctricas .....	155
5.1.2. Controlador .....	155
5.1.3. Interfaz.....	155
5.2. Pruebas de funcionamiento por etapas.....	157
5.2.1. Etapa de pelado .....	157
5.2.2. Etapa de cortado.....	158
5.2.3. Etapa de freído.....	159
5.3. Pruebas del sistema: Modo pruebas sin carga.....	160
5.4. Pruebas del sistema: Modo automático con carga .....	160
5.5. Análisis de resultados .....	161
5.6. Validación de la hipótesis.....	162
5.7. Análisis de costos .....	165

## **CAPÍTULO VI**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

6.1. Conclusiones .....	166
6.2. Recomendaciones.....	167
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	169
ANEXOS .....	176

Anexo A. Buenas Prácticas de Manufactura

Anexo B. Tabla técnica de acero inoxidable AISI 304

Anexo C. Catálogo de roscas helicoidales

Anexo D. Catálogo de bandas transportadoras HABASIT

- Anexo E. Catálogo de rodillo ROTRANS
- Anexo F. Diseño con acero inoxidable AISI 304
- Anexo G. Planos maquinaria
- Anexo H. Tabla de Chi-cuadrado
- Anexo I. Manual de mantenimiento
- Anexo J. Manual de operación

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Flujograma del proceso convencional de frituras de papa.....	12
<b>Figura 2.</b> Peladora manual.....	13
<b>Figura 3.</b> Peladora manual eléctrica.....	13
<b>Figura 4.</b> Peladora mecánica de cuchillas.....	14
<b>Figura 5.</b> Peladora de revólver.....	14
<b>Figura 6.</b> Máquina peladora de papas.....	16
<b>Figura 7.</b> Cortadora con cuchillas laterales.....	17
<b>Figura 8.</b> Cortadora con matriz.....	17
<b>Figura 9.</b> Máquina cortadora de papas.....	18
<b>Figura 10.</b> Freidora volcable.....	19
<b>Figura 11.</b> Tolva compuesta.....	20
<b>Figura 12.</b> Banda transportadora modular.....	22
<b>Figura 13.</b> Tipos de soldadura.....	24
<b>Figura 14.</b> Rodamiento de bolas.....	25
<b>Figura 15.</b> Unidad de mantenimiento.....	28
<b>Figura 16.</b> Conjunto Cilindro.....	29
<b>Figura 17.</b> Cilindro de doble efecto.....	29
<b>Figura 18.</b> Válvula 3/2. Aplicación en el mando de un cilindro de simple efecto.....	31
<b>Figura 19.</b> Válvula distribuidora 5/2 en el mando de un cilindro de doble efecto.....	32
<b>Figura 20.</b> Motor DC.....	33
<b>Figura 21.</b> Motor-reductor.....	33
<b>Figura 22.</b> Sensor capacitivo.....	34
<b>Figura 23.</b> Contactores.....	34
<b>Figura 24.</b> Disyuntor dos polos.....	35
<b>Figura 25.</b> Contactos de relé térmico.....	36
<b>Figura 26.</b> Logo! Soft Comfort.....	39
<b>Figura 27.</b> HMI Proceso Industrial.....	40
<b>Figura 28.</b> Proceso por etapas.....	42
<b>Figura 29.</b> Proceso diseñado en SolidWorks.....	43
<b>Figura 30.</b> Peladora seleccionada.....	47
<b>Figura 31.</b> Cortadora seleccionada.....	49
<b>Figura 32.</b> Freidora seleccionada.....	50
<b>Figura 33.</b> Tolva diseñada.....	55
<b>Figura 34.</b> Pirámide truncada.....	55
<b>Figura 35.</b> Volumen Prisma rectangular.....	56
<b>Figura 36.</b> Transportador helicoidal.....	57
<b>Figura 37.</b> Esfuerzos combinados en el eje.....	64
<b>Figura 38.</b> Propiedades físicas del eje en acero 304.....	65
<b>Figura 39.</b> Diagramas de fuerza cortante y momento flexionante.....	66
<b>Figura 40.</b> Representación de la hélice.....	74
<b>Figura 41.</b> Parámetros L del sinfín.....	78
<b>Figura 42.</b> Diagramas fuerza cortante y momento flexionante.....	80

<b>Figura 43.</b> Pirámide rectangular .....	86
<b>Figura 44.</b> Tolva banda elevadora .....	88
<b>Figura 45.</b> Banda transportadora elevadora.....	88
<b>Figura 46.</b> Banda con superficie plana perforada.....	91
<b>Figura 47.</b> Datos de la banda M5000 Roller Top Heavy 2” .....	92
<b>Figura 48.</b> Datos de la banda M5000 Roller Top Heavy 2” .....	93
<b>Figura 49.</b> Recomendaciones especificaciones eje .....	94
<b>Figura 50.</b> Medidas estándares del tambor y rodillo de retorno.....	94
<b>Figura 51.</b> Velocidad máxima de transporte.....	97
<b>Figura 52.</b> Coeficiente de fricción entre la banda y la mesa .....	100
<b>Figura 53.</b> Modelo motor reductor banda transportadora .....	103
<b>Figura 54.</b> Salida en el motor reductor.....	104
<b>Figura 55.</b> Dimensiones tambor motriz para que se acople a las chumaceras y motor.....	104
<b>Figura 56.</b> Apoyos simples: carga uniforme .....	106
<b>Figura 57.</b> Diagramas fuerza cortante y momento flexionante.....	107
<b>Figura 58.</b> Mesa de trabajo freidora. ....	117
<b>Figura 59.</b> Diagrama de desplazamiento .....	118
<b>Figura 60.</b> Fuerza vs Diámetro para un cilindro neumático .....	120
<b>Figura 61.</b> Cilindro neumático.....	121
<b>Figura 62.</b> Diagrama de flujo automático .....	123
<b>Figura 63.</b> Motor Etom .....	125
<b>Figura 64.</b> Motor WEG 0.5 HP.....	126
<b>Figura 65.</b> Motor reductor.....	127
<b>Figura 66.</b> Electroválvula 5/2 .....	128
<b>Figura 67.</b> Controlador Lógico Programable .....	131
<b>Figura 68.</b> LOGO! Basic 12/24 RC .....	132
<b>Figura 69.</b> Portada LOGO! Web Editor V1.0.....	134
<b>Figura 70.</b> Interruptor electromagnético.....	139
<b>Figura 71.</b> Peladora de papas .....	141
<b>Figura 72.</b> Rebanadora de papas .....	142
<b>Figura 73.</b> Freidora de papas .....	143
<b>Figura 74.</b> Tolva de papas.....	143
<b>Figura 75.</b> Canalón.....	144
<b>Figura 76.</b> Hélice.....	144
<b>Figura 77.</b> Tornillo sin fin .....	145
<b>Figura 78.</b> Tapas laterales.....	145
<b>Figura 79.</b> Sistema motriz .....	146
<b>Figura 80.</b> Transportador helicoidal .....	146
<b>Figura 81.</b> Tolva de banda elevadora.....	147
<b>Figura 82.</b> Banda transportadora .....	147
<b>Figura 83.</b> Mesa de escurrido .....	148
<b>Figura 84.</b> Estructura soporte peladora.....	149
<b>Figura 85.</b> Colocación del motor de la Banda transportadora.....	149

<b>Figura 86.</b> Colocación del pistón de apertura y cierre de la puerta de la peladora.....	150
<b>Figura 87.</b> Diagrama neumático.....	150
<b>Figura 88.</b> Proceso mecánico completo.....	151
<b>Figura 89.</b> Diagrama de distribución de elementos.....	152
<b>Figura 90.</b> Bloques de programación Modo prueba.....	153
<b>Figura 91.</b> Bloques de programación Modo prueba.....	153
<b>Figura 92.</b> Bloques de programación Modo automático.....	154
<b>Figura 93.</b> Interfaz diseñada en Web Server Editor.....	154
<b>Figura 94.</b> Servidor LOGO.....	156
<b>Figura 95.</b> Interfaz.....	156

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Valor nutritivo de la papa.....	9
<b>Tabla 2</b> Propiedades generales del acero inoxidable AISI 304.....	23
<b>Tabla 3</b> Simbología de válvulas.....	31
<b>Tabla 4</b> Criterios de selección de la máquina peladora.....	46
<b>Tabla 5</b> Criterios de selección de la máquina cortadora.....	48
<b>Tabla 6</b> Densidad de las muestras de papa Súper-chola.....	52
<b>Tabla 7</b> Densidad de las muestras de papa Fruit.....	53
<b>Tabla 8</b> Fluidez del material.....	58
<b>Tabla 9</b> Variación de C según $\beta$ .....	58
<b>Tabla 10</b> Valores Típicos de kd.....	84
<b>Tabla 11</b> Tipo de bandas transportadoras/elevador.....	89
<b>Tabla 12</b> Criterios de selección del material de la banda.....	90
<b>Tabla 13</b> Datos necesarios para el diseño de la banda transportadora.....	92
<b>Tabla 14</b> Peso aproximado del mecanismo elevador.....	106
<b>Tabla 15</b> Especificaciones para el cilindro neumático.....	121
<b>Tabla 16</b> Dimensiones de accesorios neumáticos a utilizar.....	122
<b>Tabla 17</b> Dimensionamiento del motor para el transportador helicoidal.....	124
<b>Tabla 18</b> Características del motor elegido para el transportador helicoidal.....	124
<b>Tabla 19</b> Dimensionamiento Banda transportadora.....	125
<b>Tabla 20</b> Características del motor elegido.....	125
<b>Tabla 21</b> Dimensionamiento motor freidora.....	126
<b>Tabla 22</b> Características del motor elegido.....	126
<b>Tabla 23</b> Características del reductor.....	127
<b>Tabla 24</b> Especificaciones técnicas.....	128
<b>Tabla 25</b> Criterios de selección de la máquina peladora.....	129
<b>Tabla 26</b> Datos técnicos de la fuente de alimentación.....	133
<b>Tabla 27</b> Datos técnicos del módulo de expansión.....	133
<b>Tabla 28</b> Potencia del motor de las máquinas.....	136
<b>Tabla 29</b> Corrientes para relés térmicos.....	138
<b>Tabla 30</b> Datos motor peladora.....	138
<b>Tabla 31</b> Datos del motor de la cortadora.....	138
<b>Tabla 32</b> Especificaciones técnicas.....	139
<b>Tabla 33</b> Pruebas etapa de pelado máquina/manual.....	157
<b>Tabla 34</b> Pruebas etapa de corte máquina/manual.....	158
<b>Tabla 35</b> Pruebas etapa de fritura máquina / convencional.....	159
<b>Tabla 36</b> Datos tomados de cada etapa.....	160
<b>Tabla 37</b> Datos obtenidos de los tiempos de producción.....	163
<b>Tabla 38</b> Resultado del cálculo de la frecuencia esperada.....	163
<b>Tabla 39</b> Costos proyecto.....	165

## **RESUMEN**

Este proyecto de titulación consiste en mejorar el tiempo de producción de frituras de papa, el cual actualmente es realizado artesanalmente, en donde existe contaminación del producto, desperdicio de materia prima y pérdida de tiempo. El proceso tiene cinco etapas principales: Pelado, Cortado, Lavado, Freído y Escurrido, esta línea de frituras semiautomática a diseñarse, consiste en implementar diferentes mecanismos de accionamiento en cada etapa, elementos de transporte entre etapas, colocación de sensores para sincronizar el proceso y finalmente el controlador de todo el sistema. La primera y segunda etapa, constan de un sistema neumático para apertura de puertas e ingreso de materia prima a la cortadora, la tercera etapa consiste en una tolva de lavado junto con una banda elevadora que transportará la papa rallada a la siguiente etapa, en donde la canastilla elevable retirará el producto terminado hasta la última etapa. El controlador será programado de tal manera que las etapas estén sincronizadas entre sí, el proceso será controlado mediante un monitor o dispositivo inteligente. Para procesar 100 lbs de papa de manera artesanal se necesitan alrededor de 8 horas, este sistema semiautomático lo realiza en 2 horas, el ahorro de tiempo de producción es aproximadamente de 6 horas.

### **PALABRAS CLAVE**

- **SISTEMA SEMIAUTOMÁTICO**
- **PAPAS FRITAS - TIEMPO DE PRODUCCIÓN**
- **ALIMENTOS – INDUSTRIA Y COMERCIO**

## **ABSTRACT**

This project consists of improving the production time of potato chips, which is currently done by hand, where there is product contamination, waste of raw material and loss of time. The process has four main stages: Peeling, Cutting, Washing and Frying. The semi-automatic frying line to be designed, consists of implementing different drive mechanisms in each stage, transport elements between stages, placement of sensors to synchronize the process and finally the controller of the whole system. The first and second stage consist of a pneumatic system for opening doors and entry of raw material to the cutter, the third stage consists of a washing hopper along with a conveyor belt that will transport the grated potato to the next stage, where the basket lift will remove the finished product until the last stage. The controller will be programmed in such a way that the stages are synchronized among them, the process will be controlled by means of a monitor or intelligent device. To process 100 lbs of potato in an artisanal way it takes about 8 hours, this semi-automatic system does it in 2 hours, the saving of production time is approximately 6 hours.

## **KEYWORDS**

- **SEMIAUTOMATIC SYSTEM**
- **FRY POTATOES - PRODUCTION TIME**
- **FOOD - INDUSTRY AND COMMERCE**

# CAPÍTULO I

## ASPECTOS GENERALES

### 1.1 Antecedentes

A nivel mundial la papa es el tercer cultivo alimenticio más consumido después del arroz y el trigo, aproximadamente 14 mil millones de personas la consumen y su cultivo sobrepasa los 300 millones de toneladas métricas, es el alimento de preparación rápida, rica en energía, nutritiva, bajo costo y procesamiento diverso. (ARCOSA, 2015) Por este motivo la industria alimenticia ha innovado sus técnicas de producción enfocados a diferentes presentaciones como purés, buñuelos, albóndigas, hojuelas, sopas, ensaladas, congelados, entre otras. Las hojuelas de papa frita o papa chip es un producto procesado considerado como el rey de los bocaditos o snacks. En el año 2015 las estimaciones de crecimiento del mercado global de snacks esperaban alcanzar los \$138.2 billones para el año 2020, la forma de consumo de snacks ha revolucionado, pero sobre todo el proceso por lo que afronta el reto de la automatización industrial dirigida a estos procesos afectando a diversos mercados por la relación calidad-precio. Las grandes empresas productoras de frituras y pasa bocas de Norteamérica, Europa y América Latina están completamente automatizadas en los procesos de producción mediante líneas continuas de procesos de snacks optimizando tiempos con incorporación de tecnología y agregando valor a la elaboración de alimentos. (Industria Alimenticia, 2017)

Según el Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias INIAP en la sierra ecuatoriana la papa es el alimento más consumido, el 90% de la papa a nivel nacional se consume en estado fresco. Sus usos son como papas fritas en forma de “chips”, a la francesa, congelada, pre-frito y enlatada. (INIAP, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, 2014)

El Instituto nacional de estadística y censos INEC, menciona que en el Ecuador el 89% de la clasificación de empresas según su tamaño pertenece a microempresas, el 7.3% por actividad económica se dedica a alojamiento y comida. (INEC, Instituto nacional de estadística y censos, Directorio de empresas y establecimientos, 2012) De este porcentaje el 3% de microempresas se hallan en Cotopaxi en donde alrededor de 1539 establecimientos se dedican a comercios no especializados con predominio de la venta de alimentos, bebidas o tabaco, un porcentaje de esta cifra son microempresas artesanales que elaboran chifles, papa, yuca y camote usando procesos empíricos y rústicos.

Por lo que se ve necesario desarrollar técnicas nuevas que permitan cumplir normativas, satisfacer demandas, reducir tiempos, minimizar desperdicios y aumentar la producción mediante la implementación de un control. El tiempo empleado en esta actividad depende de diversos factores como la cantidad y tipo de papa a procesar, tamaño de la freidora y cantidad de aceite a utilizar, si solamente una persona realiza el proceso este durará entre 5 a 6 horas en procesar 100 lb. de materia prima, se espera que al semi automatizar el proceso, el tiempo reduzca a la mitad.

El desarrollo de este tipo de empresas ayuda a la rentabilidad del sector industrial este es el caso de COBAHI una micro empresa ubicada en Latacunga fundada en 2008 se encuentra constituida por artesanos calificados por el gremio de chefs para la producción de frituras de papa además piensa incluir productos de yuca y camote.

## **1.2 Justificación**

La producción de papas chips artesanales se realiza de forma manual, en cada una de sus etapas se requiere un gran esfuerzo para la producción diaria, demanda de tiempos y riesgos de sufrir algún accidente además debe cumplir con la normativa del ARCSA Resolución 067-2015-GGG

Los costos de adquisición de nueva tecnología automatizada son exorbitantes para un microempresario sin tomar en cuenta que el dimensionamiento de todo el sistema de producción existente en el mercado nacional corresponde a una empresa de mayor dimensión con instalaciones más grandes.

El tiempo empleado para esta actividad se reducirá de manera inmediata ya que al realizar los 4 procesos al mismo tiempo no existirá tiempos muertos. Por esta razón se emprende el diseño de un sistema semiautomático de frituras con un costo de fabricación menor de esta manera se reducirá tiempos de producción para incrementar la competitividad de la microempresa en el mercado de la misma forma reducirá la exposición de condiciones inadecuadas de trabajo a los operarios.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo General**

Diseñar e implementar un sistema semiautomático para mejorar el tiempo de producción de frituras de papa.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Seleccionar las máquinas para la etapa de pelado, lavado, cortado y freído.
- Diseñar los componentes mecánicos de acople mediante un software de diseño gráfico.
- Ensamblar las máquinas logrando sincronización y armonía en su funcionamiento.
- Dimensionar y seleccionar los componentes para realizar el proceso automatizado como sensores, actuadores, elementos de maniobra y control.
- Programar el código del controlador, que permita cumplir las necesidades del proceso.

## **1.4 Hipótesis**

¿El diseño e implementación de un sistema semiautomático mejorará el tiempo de producción de frituras de papa?

### **1.1 Variables e Indicadores**

#### **Variables Independientes**

Sistema semiautomático para la producción de frituras

#### **Variables Dependientes**

Tiempo de producción

## 1.5 Metodología

La metodología a usarse para el desarrollo de este proyecto será investigación de campo mediante la cual se aplicará un sistema de recolección de datos directa, para el presente proyecto se investigará los distintos tipos de maquinaria para líneas de producción existentes en el mercado para según su implementación se pueda verificar la hipótesis planteada en cuestión. A través del método bibliográfico se recopilará documentación relacionada a la automatización de procesos alimenticios, construcción de equipos para líneas de producción, normativa para buenas prácticas de manufactura en instalaciones de producción de alimentos y porcentajes de población perteneciente a la microempresa en Cotopaxi.

La metodología de estudio de casos se verá en la microempresa COBAHI que es una referencia directa del problema en donde se pretende reducir tiempos de producción a partir de la implementación de maquinaria para su línea de fabricación artesanal. Mediante el método científico se demostrará que el diseño e implementación de este sistema semiautomático innova la producción de frituras de papa en donde se pretende modificar procesos empíricos de esta manera estará en la capacidad de realizar nuevas propuestas y acoger la más adecuada mediante la aplicación de nuevas técnicas.

El método deductivo permitirá obtener conclusiones y recomendaciones de la implementación de un sistema semiautomático en procesos alimenticios en función de reducción de tiempos de trabajo y finalmente se aplicará el método experimental que indicará que el diseño e implementación de un sistema semiautomático para la

producción de frituras de papa permitirá el control de las variables involucradas en el proceso como los tiempos de producción, que serán reducidos ya que es un proceso repetitivo.

## CAPITULO II

### FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

#### 2.1. Introducción

En el sector empresarial resulta importante las Micro, Pequeñas, Medianas Empresas (MIPYMES) porque se consideran como un motor dinamizador de la economía del Ecuador, debido a que, ante la presencia de crisis, este sector es uno de los más afectados, pero de la misma forma es uno de los primeros en activarse, pues se fundamenta en el desarrollo sostenible y sustentable de las empresas presentes en el país.

En América Latina en la década de los 70 y 80 la micro, pequeñas y medianas empresa no siempre tuvieron éxito porque en su momento los estados que componían el continente, no brindaban la protección en la economía de sus empresas, prefiriendo importaciones foráneas de países asiáticos, que impedían el crecimiento interno y el desarrollo de la industrialización, de esta manera surge una crisis que abarca el aspecto económico, financiero, institucional, político y social. Actualmente en Ecuador es necesario que las MIPYMES estén orientadas estratégicamente al mercado para obtener competitividad, desarrollando una capacidad de innovación. (Reyes Pacheco, Jiménez Silva, & Moyano Abril, 2008)

La provincia de Cotopaxi con un 3.09% de actividad empresarial del país (INEC, Directorio de empresas y establecimientos, 2015), contribuye notablemente a la economía, en la generación de empleo, de manera particular el cantón Latacunga que

se encuentra en un auge de desarrollo productivo y comercial con sus microempresas, pequeñas empresas, medianas empresas y grandes empresas que se dedican a actividades manufactureras, comerciales, textil, agricultura, ganadería, hoteles, restaurantes y otros servicios.

## **2.2. La microempresa alimenticia en Ecuador**

El sector micro empresarial en Ecuador crece constantemente, tiene un alto porcentaje de emprendimientos que supera el 90% de total de empresas nacionales, según el Instituto Nacional de Estadística y Censos el número total de microempresas presentes en el 2015 es de 760.034 de las cuales el 55,6% se dedica al comercio, el 34,7% a los servicios, el 9,5 % a las manufacturas y el 0,2% a actividades mineras (Carrera Castro, 2017), En el año 2014 se comercializaron 1.486 millones de dólares en productos de consumo humano, haciendo que el sector de alimentos y bebidas tenga un alto porcentaje en la MIPYMES, lo que ubica el área de alimentos como parte fundamental en el desarrollo económico del país, la mayoría de estas microempresas nacen del emprendimiento de familias como respuesta a la necesidad del mercado y el mejorar los ingresos económicos.

En los últimos años se ha observado la tendencia a consumir productos procesados como resultado a la globalización, en donde se ha visto un mayor índice de enfermedades, debido al incumplimiento de normas y requisitos para la elaboración de alimentos por lo cual es necesario cumplir con las normas legales vigentes para brindar un producto fresco, delicioso y que no atente con la salud del consumidor.

## 2.3. La papa

Es fundamental por su alto contenido de hidratos de carbono, vitaminas y minerales, es una de los diez cultivos de mayor producción en los países en desarrollo, es una fuente de energía presente en la habitualidad alimenticia de todas las familias de la zona andina (Aguilar, Vilches, & Condori, 2002). Un cultivo milenario de origen vegetal, tallo subterráneo que representa un rol

### 2.3.1. Valor Nutritivo

La composición química puede variar dependiendo de las condiciones ambientales, madurez o el tipo de papa.

**Tabla 1**  
*Valor nutritivo de la papa*

<b>Carbohidratos</b>	<b>19,83%</b>
<b>Agua</b>	77,77 %
<b>Proteínas</b>	1,56%
<b>Grasas</b>	0,25%
<b>Vitamina B1/Tiamina</b>	100 <i>mg</i> /100 <i>g</i>
<b>Cenizas</b>	1,23%
<b>Calcio</b>	8 <i>mg</i> /100 <i>g</i>
<b>Fósforo</b>	56 <i>mg</i> /100 <i>g</i>
<b>Hierro</b>	0,7 <i>mg</i> /100 <i>g</i>

Fuente: (Facultad de Ciencias Químicas y Farmaceuticas, 2006)

### **2.3.2. Papas en la industria alimenticia ecuatoriana**

La industria ecuatoriana de papa es constituida mayormente por empresas que producen papa frita en hojuela, industrias de comida rápida, restaurantes y pollerías (Sinchi Teneta, 2015), la industria de hojuela o chips requiere de casi 12.200 t de papa de los cuales Fritolay procesa el 90% (Campoverde & Cifuentes, 2013)

En Ecuador la papa destinada a la industria desde 2012 se elevó del 0.5% al 11%, el 80% aproximadamente de la oferta comercial de papa es para uso doméstico, mientras que el porcentaje restante se destina a la producción de hojuelas y papas fritas (García, 2010)

### **2.3.3. Formas de consumo**

La industria exige papas con diferentes características y parámetros que son decisivos en el momento de elegir cierta variedad para un proceso específico. Los tubérculos de papa tienen diversos usos, consumiéndola fresca o procesada, como puede ser las papas chips (hojuelas), French Fries (bastoncitos fritos), prefritos congelados, purés, harinas de papa, papas deshidratadas, almidón y sus derivados (Marcillo Pito, 2012).

Actualmente en el Ecuador se ofrecen diversos productos procesados o semi procesados, del volumen total utilizado por la industria el 88,9% se usa en papa frita y tipo hojuela (INIAP, Situación, perspectivas y alternativas de la papa en Ecuador), por tal demanda existe numerosas y variadas presentaciones.

### **2.3.3.1. Papa tipo Chip**

Para la elaboración de hojuelas de papa todos los factores son importantes, desde la selección de la materia prima hasta el aceite a usarse, este último cumple un papel fundamental ya que sirve como medio de transferencia de calor, la temperatura ideal debe ser entre 170 y 190°C para que la papa se deshidrate adecuadamente. (Lucas, 2011)

La textura y el color dependen de la pérdida de humedad que sufrió en el proceso de deshidratación por lo tanto este es un indicador de calidad muy importante a cuidar ya que la pérdida de agua retarda las actividades metabólicas de los (SIEMENS, LOGO! Manual de producto, 2016) microorganismos que causan la descomposición (Aguirre, 2018).

Los productos fritos absorben el aceite en mayor cantidad mientras se enfrían, por lo cual en ocasiones son sometidos a un secado con aire caliente para disminuir la absorción de aceite, para que sea apto para el consumo humano (Lucas, 2011).

## **2.4. Diagrama de flujo del proceso convencional**



**Figura 1.** Flujograma del proceso convencional de frituras de papa

## 2.5. Máquinas involucradas en el proceso

### 2.5.1. Peladora

Máquina cuyo objetivo es desprender la piel de la papa mecánicamente, existen varias posibilidades, cada tipo de peladora ofrece un modo de trabajo diferente, puede ser por vaporización, abrasión, cáustico, a la llama y con cuchillas, las ventajas

y desventajas de estos modos de operación son fundamentales a la hora de escoger la máquina por su facilidad de uso, precisión, volumen de agua, costos o tiempos de pelado.

#### **2.5.1.1. Peladora manual**

Es el pelador más común, consta de una hoja afilada, y su velocidad de operación depende del operador.



**Figura 2.** Peladora manual

Fuente: (Pinos Solis, 2011)

#### **2.5.1.2. Peladora manual eléctrica**

Es una máquina exclusivamente para pelar papas, posee un sistema de rotación a partir de un motor eléctrico que realiza todo el trabajo del operador.



**Figura 3.** Peladora manual eléctrica

Fuente: (Pinos Solis, 2011)

### 2.5.1.3. Peladora mecánica de cuchillas

Esta peladora tiene un sistema de cuchillas, que consta de una camisa cilíndrica con navajas de dos filos ubicadas paralelamente y un disco con navajas. Una de las ventajas más importante de esta peladora es que durante el proceso de pelado el producto no sufre daños y el producto final se conserva en buen estado.



**Figura 4.** Peladora mecánica de cuchillas

Fuente: (Pinos Solis, 2011)

### 2.5.1.4. Peladora de revólver

Es una peladora que consta de un tambor alargado que internamente está conformada por una serie de rodillos de pelado, el tambor y los rodillos giran en sentido contrario y su velocidad se puede controlar de manera independiente



**Figura 5.** Peladora de revólver

Fuente: (Pinos Solis, 2011)

#### **2.5.1.4.1. Características**

- Puede pelar con o sin agua
- Es de fácil desmontaje para mantenimiento
- Motores y transmisión por separado
- Bajo nivel de ruido
- Todos los rodillos poseen doble cojinete

#### **2.5.1.5. Peladora por abrasión**

El método de pelado más utilizado en la pequeña industria es el pelado por abrasión, en el cual los alimentos se colocan en cuencos rotatorios con una superficie abrasiva (grafito) que retirará la piel y se lavan por medio de agua. Su capacidad de pelado de papas y zanahoria es alta, retira la corteza en un 90% debido a la dificultad de la forma en ciertos tubérculos.

##### **2.5.1.5.1. Funcionamiento**

La máquina posee un disco giratorio de forma particularmente perfilada, recubierto por material abrasivo de larga duración y de fácil desmontaje para mantenimiento, la faja abrasiva interna permiten distribuir uniformemente el movimiento sobre la superficie de la materia prima, recorriendo su forma irregular, sin retirar excesivamente la piel (Pinos Solis, 2011)

### 2.5.1.5.2. Estructura

Está conformada por elementos básicos que se muestran a continuación:



**Figura 6.** Máquina peladora de papas

Fuente: (Mena & Jácome, 2015)

### 2.5.1.5.3. Ventajas y desventajas

Como ventajas posee un bajo costo de adquisición y consumo de energía, no sufre daño por calor y conserva una buena apariencia en los alimentos pelados. La limitación o desventaja más evidente son las superficies irregulares (ojos) que requerirán pelarse manualmente (Pinos Solis, 2011).

### 2.5.2. Cortadora o rebanadora

Máquina utilizada para rebanar tubérculos, en donde se busca obtener un espesor máximo de 2mm aproximadamente tomando en cuenta el producto a rebanar. Existen varias alternativas de corte en el mercado dependiendo de las necesidades.

### 2.5.2.1. Corte con cuchillas laterales

Esta cortadora posee interiormente un disco con dos placas perpendiculares fijas que hacen que las papas choquen contra las cuchillas, dependiendo del ángulo de la cuchilla y la pared se tiene el grosor de la rebanada de papa.



**Figura 7.** Cortadora con cuchillas laterales

**Fuente:** (Céspedes, 2016)

### 2.5.2.2. Corte con matriz

Consta de dos partes, macho y hembra, esta matriz esta soportada por un receptáculo en donde se coloca la papa a ser cortada, para realizar el empuje de la papa contra la matriz hembra, se utiliza una palanca o un sistema neumático. (Céspedes, 2016)



**Figura 8.** Cortadora con matriz

**Fuente:** (Céspedes, 2016)

### 2.5.2.3. Corte con cuchilla en disco giratorio

La cortadora con cuchilla en el disco giratorio es la única disponible en el mercado sin la necesidad de realizar un pedido previo, y por lo tanto la más utilizada en el ámbito alimenticio.

#### 2.5.2.3.1. Funcionamiento

Este sistema consta de un disco giratorio vertical en el tanque, el cual tiene una cuchilla incorporada. En la parte lateral se encuentra el ducto de alimentación de material prima, y la salida de la papa cortada es por debajo del disco giratorio.

#### 2.5.2.3.2. Estructura



**Figura 9.** Máquina cortadora de papas

### 2.5.3. Freidor Volcable

El objetivo de esta máquina es cumplir con la etapa de eliminación de agua del producto a freírse, en Ecuador este tipo de freidoras no es común encontrarlas en el mercado, debido al costo y la poca demanda existente. Posee un sistema de calentamiento por flama, a través de conductos múltiples sumergidos en el aceite,

quemador automático de gas con ciclo de barrido, revestimiento térmico aislante con lana de vidrio, malla volcable.

### 2.5.3.1. Funcionamiento

El aceite se calienta mediante ductos sumergidos en el aceite, este método de calentamiento garantiza que el aceite no se queme y la temperatura sea igual en todo el tanque, es necesaria una chimenea para que la llama no se apague por sofocación. La malla volcable es elevada automáticamente por medio de un sistema neumático o mecánico, el cual permite retirar todo el producto, su forma adecuada permite maniobrar fácilmente el equipo. (Argudo, 2011)

### 2.5.3.2. Estructura



**Figura 10.** Freidora volcable

**Fuente:** (Argudo, 2011)

## 2.6. Tolva

Son piezas que facilitan la carga y descarga de fluidos y áridos; tiene formas variadas y se clasifica según el número de piezas que posee: simples si está conformado por dos elementos y compuesta si está compuesta por más elementos (Rivera Grijalva, 2013).



**Figura 11.** Tolva compuesta

Fuente: (J.GIMENEZ, 2015)

## **2.7. Sistemas mecánicos de transporte**

La comunicación entre etapas se da mediante sistemas de transporte para transferir la materia prima, es necesario buscar el método adecuado para la alimentación de la siguiente etapa, tomando en cuenta el mejor sistema, en donde se ahorre tiempo y este de acuerdo a la normativa de elaboración de alimentos procesados.

### **2.7.1. Transportador helicoidal**

El transportador helicoidal es un sistema capaz de transportar materiales en cualquier dirección, de esta manera proporciona eficacia y confiabilidad en su función. Consta de un tornillo helicoidal que gira dentro de un canal, pueden movilizar una amplia variedad de tamaños de material. (Chávez López, 2004)

Estos transportadores tienen un requisito de potencia dependiendo del ángulo de inclinación, la cantidad y características del material a mover. Son utilizados para proveer elevación, arrastre, tracción, empuje, conducción, mezcla y sistemas para movimiento continuo de material a granel por cargas o empacadas. (Mendoza Razo,

Robledo Córdova , Tudón Martínez, & Castillo Ramírez, 2011) Estos transportadores son eficientes inclinados y si es posible utilizar velocidades relativamente altas para evitar el regreso del material.

Por su facilidad de control de nivel de flujo tienen utilidad en materiales sólidos o granulares, sin embargo, no hay restricciones. El sistema motriz está ubicado en una tapa del extremo del transportador en donde el eje está acoplado mediante rodamientos, (Chávez López, 2004) como medio motriz se usa un motor eléctrico.

### **2.7.2. Banda transportadora**

Es el sistema de transporte, distribución y manejo más utilizado actualmente en la industria, principalmente es utilizado para transportar materia prima o producto terminado. Es versátil, eficaz y capaz de cubrir grandes distancias debido a que su funcionamiento es consiste en una cinta flexible acoplada a dos rodillos que giran mediante el accionamiento de un motor, de esta manera el producto puede desplazarse de un lugar a otro. A su vez esta descansa sobre un soporte llamado bastidor, el cual le da estabilidad y funciona como guía del sistema. (Fuentes Ocejó, 2017)

El diseño de la banda está influenciado por las características del material que se va a transportar, por eso es necesario tener la información acerca del tamaño, peso por  $m^3$ , abrasividad, contenido de humedad, temperatura, ángulo de reposo, acción química y viscosidad. (Sanchez & Puente Sanchez, 1999)



**Figura 12.** Banda transportadora modular

Fuente: (PROVECUADOR, 2014)

Las bandas transportadoras se clasifican según el material a transportar:

- De caucho y lona
- De fibra de vidrio
- Sintéticas y modulares

## **2.8. Estado actual de la técnica**

Actualmente en el país se fabrica y comercializa maquinaria alimenticia como peladoras automáticas por abrasión, cortadoras con disco horizontal incluido, freidoras, samovares, cocinas industriales, hornos, molinos, freidoras, amasadoras, batidoras industriales, etc., todo de manera artesanal y con estándares de calidad.

Sin embargo, no se encuentra disponible en el mercado una línea continua de frituras, la cual englobe la maquinaria de cada etapa, por lo tanto, es necesario realizar adaptaciones e instalación del sistema automático, pero este proceso es

elevado en costos para realizarlo de manera artesanal, por lo cual solo se encuentra en empresas grandes y automatizadas.

## 2.9. Acero inoxidable

Es el material ideal para aplicaciones limpias por su resistencia a la corrosión ya que posee una capa delgada de óxido de cromo en su superficie, es una aleación a base de hierro con contenido de carbono y cromo. (Manual Aceros inoxidables, 2010)

Los aceros de uso alimenticio y médico son los austeníticos o AISI 300 que según el manual de Indura S.A.: “Su contenido de cromo varía entre los 15-32% es del 8-37% aproximadamente, son de excelente soldabilidad, maleabilidad y ductilidad.” (Manual Aceros Inoxidables, 2010, p. 18)

**Tabla 2**

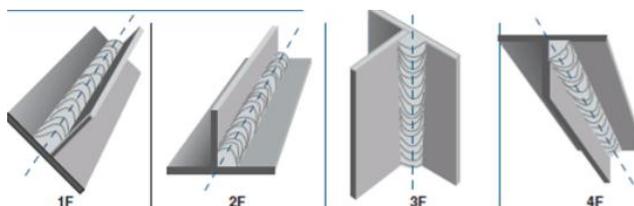
*Propiedades generales del acero inoxidable AISI 304*

<b>Propiedades Eléctricas</b>	Resistividad Eléctrica	70-72
	( $\mu Ohmcm$ )	
	Punto de Fusión $^{\circ}C$	1400-1455
<b>Propiedades Mecánicas</b>	Alargamiento (%)	< 60
	Dureza Brinell	160-190
	Módulo de Elasticidad (GPa)	190-210
	Resistencia a la tracción	460-1100
	(MPa)	
		<b>CONTINÚA</b> 

<b>Propiedades Térmicas</b>	Coefficiente de expansión térmica @20 – 100C ( $\times 10^{-6} K^{-1}$ )	18,0
	Conductividad Térmica a 23°C ( $Wm^{-1}K^{-1}$ )	16,3

### 2.9.1. Soldadura

Es recomendable usar electrodos que contengan máximo 0,03% de carbón, para este material es importante que el área a soldar esté libre de impurezas y suciedad.



**Figura 13.** Tipos de soldadura

Fuente: (Ibarra Echeverría, Núñez Solís, & Huerta, 2010, p. 15)

Existen soldaduras planas en donde el electrodo debe sostenerse a un ángulo de  $15^\circ$  con el extremo superior inclinado en el sentido del avance, manteniendo el arco más corto posible, mientras tanto en las soldaduras verticales se mantendrá el electrodo perpendicularmente realizando oscilaciones en el cordón y finalmente en la soldadura sobre cabeza el deposito del material es con cordones rectos y un arco corto, evitando oscilaciones. (Ibarra Echeverría, Núñez Solís, & Huerta, 2010)

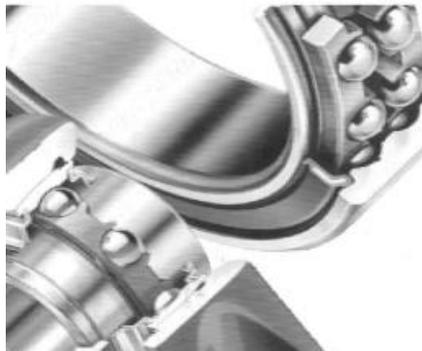
### 2.10. Rodamientos

Es un elemento normalizado, está formado por dos aros concéntricos con caminos de rodadura, generalmente esféricos (Marín García, 2010), sobre los cuales se

desplazan cuerpos rodantes, bolas o rodillos, los cuales permiten la movilidad de la parte fija con la giratoria. Sustituyen el rozamiento producido por deslizamiento, utilizado como soporte para elementos giratorios, tanto ejes como árboles, son diseñados para soportar cargas únicamente radiales y axiales.

Los rodamientos tienen varias ventajas:

- Posee gran capacidad de carga
- Facilidad de recambio, debido a que están normalizados
- Rozamiento mínimo



**Figura 14.** Rodamiento de bolas

Fuente: (Marín García, 2010)

## 2.11. Neumática en la industria

Es un aporte destacado a la automatización de procesos industriales, funciona a partir de aire comprimido como modo de transmisión de la energía que se necesita para mover y hacer funcionar mecanismos y actuadores. Se basa en incrementar la

presión de aire a través de la energía que se acumula sobre los elementos del circuito para efectuar el trabajo deseado. (Intec, 2018)

Actualmente la neumática es una solución sencilla y rentable en la industria, debido a que contribuye a mejorar y optimizar muchas actividades y procesos repetitivos. Son utilizados en la industria química, textil, transporte, carpintería, metálica y alimenticia.

### **2.11.1. Aire comprimido**

Es el aire atmosférico sometido a presión, compuesto generalmente por 78% de Nitrógeno, 21% de oxígeno y 1% de otros gases, es inodoro, incoloro e insípido (Paredes López, 2012), se lo obtiene cuando el aire aspirado por el compresor entra a presión y temperatura ambiente con su correspondiente humedad relativa, entonces se le comprime a una presión más alta que la atmosférica.

### **2.11.2. Ventajas**

- Es una gran fuente de potencia con energía limpia e ilimitada por la abundancia del aire existente.
- Alta velocidad de trabajo, movimientos rápidos, precisos y complejos.
- Posee facilidad para hacer cambios de sentido de forma, transporte sencillo.
- No presenta riesgos de chispas y cargas electrostáticas
- El costo no es superior a otros sistemas de energía, permite instalaciones sencillas, rápidas y limpias.

- No existe riesgo de accidentes, no es tóxico, no conlleva peligro de explosión, posee resistencia a los cambios de temperatura.
- Tiene capacidad de regulación, bajo costo de reparación y fácil mantenimiento.

## **2.12. Elementos Neumáticos**

### **2.12.1. Compresor**

Es el elemento central de una instalación productora de aire comprimido en donde cumple la función de aspirar aire a presión atmosférica y comprimirlo a una presión más elevada. (Guillén Salvador, 1993). Las características más importantes en un compresor son su caudal y la presión. Antes de que el aire pueda usarse, debe dársele una energía potencial en forma de presión.

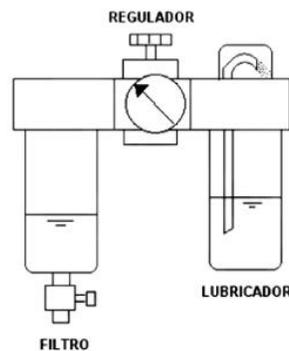
#### **2.12.1.1. Modo de operación**

El compresor reduce el volumen mientras incrementa la presión del aire, esto funciona mediante la creación de un vacío en su entrada de tal manera que el aire que ingresa a presión atmosférica fluya al interior del compresor.

Una vez comprimido el aire, fluye a través de la válvula de descarga y entra en el tanque de almacenamiento siempre y cuando el compresor este en marcha, cuando la presión del tanque alcanza el nivel de presión deseada, el compresor se apaga. El compresor opera solamente durante periodos cortos de tiempo, cuando la presión cae o cuando arranca.

### **2.12.2. Unidad de mantenimiento**

Está conformada por un filtro de partículas, regulador de presión y lubricador, es la causante de restricción en el paso del fluido lo que se ve representado en caídas de presión en la línea, su función es filtrar el aire y eliminar condensados, posterior debe regular la presión de entrada para evitar fluctuaciones de la misma y finalmente debe lubricar, si es el caso en donde se incluye un filtro de aceite, éste debe ir después del filtro de partículas. (Berrio Zabala & Ochoa Gómez, 2007)



**Figura 15.** Unidad de mantenimiento

Fuente: (Berrio Zabala & Ochoa Gómez, 2007)

### 2.12.3. Cilindro Neumático

Son actuadores que proporcionan movimiento lineal, mediante la aplicación de fluido a presión, tanto aire como líquido, este genera una fuerza que hace que el movimiento funcione en ambos sentidos. Se los puede agrupar en dos tipos: los de émbolo y los de membrana, los primeros son los más utilizados, básicamente un cilindro de émbolo está formado por un émbolo que se desplaza por el interior de un cilindro sirviéndole este como guía (Pérez Belló, 2018). El vástago es el que acciona el mecanismo, para lo cual el fluido incide en una de las dos caras del émbolo produciendo una fuerza resultante.



**Figura 16.** Conjunto Cilindro

Fuente: (Pérez Belló, 2018)

Las principales variables a considerar en la selección de un cilindro neumático son la fuerza del cilindro, la carga, el consumo de aire y la velocidad del pistón (Creus Solé, 2011).

#### 2.12.3.1. Cilindro de doble efecto

En este tipo de cilindros el fluido incide en ambos sentidos, efectuándose por tanto trabajo en dichos sentidos, el aire a presión entra por el orificio de la cámara trasera y, al llenarla hace avanzar el vástago, que en su carrera comprime el aire de la cámara delantera que pasa al exterior mediante un orificio. En la carrera de regreso el funcionamiento es inverso (Creus Solé, 2011)



**Figura 17.** Cilindro de doble efecto

Fuente: (Pérez Belló, 2018)

Posee varias ventajas entre ellas su velocidad de actuación en ambos sentidos, ya que carece de muelle, no limita la carrera del émbolo por lo tanto tiene más recorrido.

#### 2.12.4. Válvulas

Son dispositivos para controlar o regular el arranque o parada, presión o flujo del medio de presión ya sea un sistema hidráulico o neumático. Su función fundamentalmente es comandar y controlar magnitudes que se involucran en un proceso, las válvulas poseen diferentes posiciones, pero para ello es necesario accionarla mediante mandos mecánicos, eléctricos, hidráulicos o neumáticos.

En un sistema neumático funciona aprovechando la fuerza que produce el aire a presión, la que ayuda a desplazar el núcleo de la válvula y producir la conmutación de las vías

#### **2.12.4.1. Válvulas distribuidoras**

Son las que dirigen el aire comprimido hacia varias vías en el arranque, la parada y el cambio de sentido del movimiento del pistón dentro del cilindro (Creus Solé, 2011).

Las válvulas que poseen retorno por muelle y por auto alimentación se llaman monoestables, es decir que memorizan una sola posición de reposo, las que son autoalimentadas o retornan por señales eléctricas o neumáticas se llaman biestables debido a que memorizan su última posición. (Guzmán Herazo & Romero Carrasquilla, 2002)

##### **2.12.4.1.1. Vías y posiciones**

Las vías es el número máximo de conductos que pueden interconectarse en la válvula y las posiciones es el número de conexiones diferentes que pueden obtenerse entre las vías existentes. En los catálogos de fabricantes, las válvulas se designan

por en número de vías y posiciones. Para evitar errores e identificarlas se identifican con letras mayúsculas o números. (Guillén Salvador, 1993)

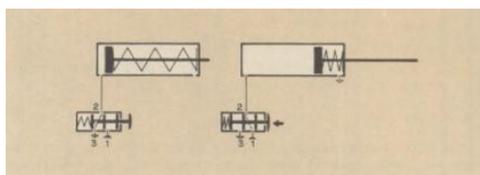
**Tabla 3**  
*Simbología de válvulas*

<b>DIN 24300</b>	P	Alimentación de aire comprimido
	A,B,C	Salidas de trabajo (Tubería de trabajo)
	R,S,T	Escape de aire (Purga o escape)
	X,Y,Z	Conexiones de mando
<b>CETOP</b>	1	Alimentación de aire comprimido
	2 y 4	Salidas de trabajo
	3 y 5	Escape de aire
	12 y 14	Conexiones de mando

Fuente: (Guillén Salvador, 1993)

#### 2.12.4.1.2. Válvula 3 vías 2 posiciones

Consta de un orificio de entrada, otro de salida y un tercer orificio de descarga de aire, el accionamiento comunica la entrada con la salida quedando el escape cerrado, al retornar a su posición inicial la entrada de aire se cierra y se comunica el escape con la salida.



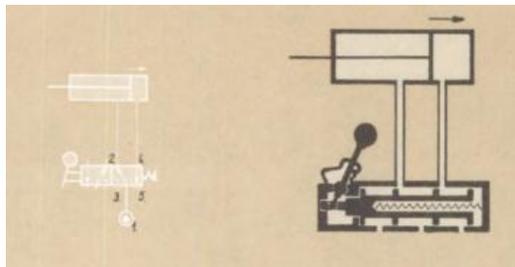
**Figura 18.** Válvula 3/2. Aplicación en el mando de un cilindro de simple efecto

Fuente: (Guillén Salvador, 1993)

Son usadas mayormente para controlar cilindros de simple efecto, finales de carrera neumáticos como válvulas de puesta en marcha y paro o válvulas piloto.

#### 2.12.4.1.3. Válvula 5 vías 2 posiciones

Esta válvula consta de un orificio para la entrada, dos salidas para la utilización y dos escapes correspondientes, todas estas válvulas 5/2 son de émbol deslizante, cada desplazamiento comunica la entrada con una u otra salida, quedando la otra salida conectada al exterior mediante el escape (Guillén Salvador, 1993).



**Figura 19.** Válvula distribuidora 5/2 en el mando de un cilindro de doble efecto

Fuente: (Guillén Salvador, 1993)

### 2.13. Motores Eléctricos

#### 2.13.1. Motor DC

También conocido como motor de corriente continua, son muy utilizados en diseños de ingeniería debido a su torque –velocidad (Mecatrónica LATAM, 2018). Una gran ventaja de estos motores es su fácil control de velocidad y la capacidad de inversión de giro, poseen gran torque, la implementación del frenado dinámico y regenerativo.



**Figura 20.** Motor DC

Fuente: (Mecatrónica LATAM, 2018)

### **2.13.2. Motor-reductor**

Es el conjunto formado por un motor y un reductor, su finalidad es reducir la velocidad generada por el motor, antes de su aplicación industrial a la máquina a accionar. (Roldan, 2005)



**Figura 21.** Motor-reductor

Fuente: (S y S Componentes Eléctricos, 2012)

## **2.14. Elementos de control**

Los elementos de control son controladores, sensores, actuadores, módulos de ampliación, los cuales controlan el sistema.

### **2.14.1. Sensor capacitivo**

Los sensores capacitivos detectan objetos metálicos y no metálicos, midiendo el cambio en la capacitancia, lo que depende de la constante dieléctrica, masa, distancia y tamaño del material (Galárraga Cruz & Guillén Moya, 2016). La función

de este detector consiste en señalar un cambio de estado, que se basa en la variación de estímulo de un campo eléctrico. Comúnmente se utiliza para detectar papel, plástico, madera, etc.



**Figura 22.** Sensor capacitivo

Fuente: (Automatizando, 2011)

### 2.14.2. Contactor

Es un dispositivo electromagnético, que se controla a distancia para cerrar o abrir circuitos de potencia (Martín Castillo & García García, 2012), es el elemento principal de todo circuito de automatismo eléctrico, se utiliza para realizar el control de los circuitos de alimentación para motores eléctricos, pero también es utilizado para alimentar sistemas de resistencias, iluminación, etc.



**Figura 23.** Contactores

Fuente: (Cerdá Filíu, 2017)

### 2.14.3. Elementos de protección

En las instalaciones industriales, el material eléctrico está frecuentemente sometido a condiciones muy duras de trabajo, por lo que necesita la respectiva

protección con el objetivo de evitar fallos en el funcionamiento (Molina, 2010). Las perturbaciones más comunes son:

- Sobre corrientes
- Sobre y bajas corrientes
- Ausencia o fusión de una fase en motores

#### **2.14.3.1. Disyuntor**

Su función principal es la protección de cortocircuitos, sobrecargas y algunos casos de bajos voltajes (Molina, 2010), dependiendo de su aplicación los disyuntores trabajan mediante relés o disparadores colocados en sus vías de corriente.



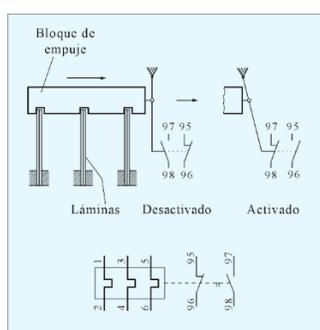
**Figura 24.** Disyuntor dos polos

Fuente: (Tipos.com.mx, 2015)

Los disyuntores están previstos de unidades de disparo instantáneo para la protección de cortocircuitos y, en la mayoría de los casos, también con unidades de disparo tipo térmicas, con tiempos de disparo dependiendo de la magnitud de corriente para posibles sobrecargas. (Molina, 2010)

### 2.14.3.2. Relé Térmico

Es un dispositivo de detección basado en su efecto térmico. En los de tipo convencional, se hace pasar la corriente a controlar por unas láminas bimetálicas que actúan sobre un bloque común de empuje (Valentín Labarta, 2018). En el caso de una sobre intensidad el bloque se desplaza y activa un par de contactos.



**Figura 25.** Contactos de relé térmico

Fuente: (Valentín Labarta, 2018)

### 2.14.4. Controlador Lógico Programable (PLC)

Un Controlador Lógico Programable es un sistema de control sólido que monitorea tareas de control de procesos, fueron creados para mejorar el sistema de control convencional mediante contactores, posee mayor flexibilidad, fácil supervisión y corrección de errores, alta confiabilidad y bajo consumo de energía. (Miranda, 2004)

Su lenguaje de programación es no informático, diseñado para controlar el proceso secuencial en tiempo real, mayormente de tipo industrial. Consta de recursos configurables, comunicaciones, software de gestión, instrucciones compatibles y periféricos comunes. (Villavicencio Narváez, 2011)

### **2.14.5. PLC LOGO!**

Es un módulo lógico universal que realiza funciones de control, posee funciones habituales pre programadas para conexión y desconexión retardada, relés de corriente, temporizadores e interruptor de software. Tiene interfaz para módulos de ampliación, programación y cable para PC. Ofrece soluciones que abarca desde una pequeña instalación doméstica hasta funciones complejas, pasando por pequeñas tareas de automatización. (SIEMENS, Manual LOGO! 6ED1052-1MDO8-0BA0, 2003)

Resuelve tareas como alumbrado de escaleras, luz exterior, controles de puertas, instalación de ventiladores, bombas de agua, controles de invernaderos, aplicaciones en máquinas pequeñas, aparatos y armarios eléctricos.

#### **2.14.5.1. Entradas**

- **Entradas analógicas**

Son las que reciben las señales analógicas de los transductores de campo, a las entradas se puede conectar sensores como interruptores, pulsadores, barreras fotoeléctricas, reguladores, etc. Dichas entradas se designan con la letra I y un número, en la parte frontal superior se encuentran los bornes de entrada

En la versión de 12/24 RC no existen las entradas I7 e I8, que en función de la programación pueden utilizarse como A1 y A2. Si se conecta un módulo analógico la numeración de las entradas se realiza de acuerdo con las entradas analógicas ya disponibles.

- **Entradas digitales**

Están diseñadas para recibir señales de los sensores de campo, las cuales solo varían entre dos estados, 1 como valor de amplitud mayor y 0 como el nivel de amplitud menor. Los números de las entradas digitales (I1, I2,...) corresponden a los números de los bornes de entrada de LOGO! Basic

#### **2.14.5.2. Salidas**

- **Salidas analógicas**

Los valores de salida están generalmente entre 0 y 10V para salidas de voltaje; y de 4 a 20 mA para corriente, estos valores pueden variar según el fabricante. En las salidas analógicas se conectan únicamente un valor analógico, se identifican como AQ, existen dos salidas analógicas disponibles, AQ1 y AQ2. Estas señales reciben los actuadores como válvulas solenoides, servomotores, etc.

- **Salidas digitales**

Se aplican a actuadores como bobinas de contactores, electroválvulas, etc. Se identifican mediante una Q, sus números (Q1, Q2, ...Q16) corresponden a números de los bornes de salida del PLC y los módulos de ampliación conectados en orden.

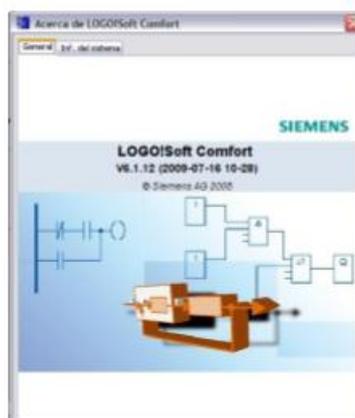
#### **2.14.5.3. Software de LOGO!**

El programa disponible para este PLC es Logo!Soft Comfort en donde se dispondrá de funciones como: simulación del programa en el ordenador,

almacenamiento de datos del programa en el disco duro o en otro soporte, creación grafica de su programa offline como diagrama de escalones (esquema de contacto/ esquema de corriente), comparación de programas, parametrización de bloques, ajuste de horario, lectura de contactores, etc. (Villavicencio Narváez, 2011).

#### 2.14.5.3.1. Logo!Soft Comfort

Permite crear programas de forma eficaz, cómoda, confortble y clara en el PC, puede evaluar qué variante de Logo! se requiere para el progra ya terminado, definiendolo con antelación. Posee funciones muy útiles como la indicación del estado de variables y funciones, simulación offline del programa, extensa ayuda en pantalla (Villavicencio Narváez, 2011).



**Figura 26.** Logo! Soft Comfort

Fuente: Portada de Software Logo! Soft Comfort

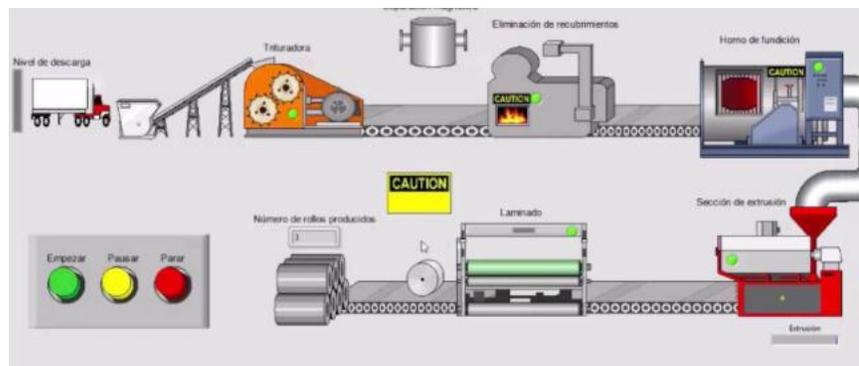
#### 2.15. Sistema de control

En un proceso o sistema existen elementos de entrada y salida en función de varias señales, los cuales buscan alcanzar una finalidad, es importante conocer el

comportamiento de la señal de salida con respecto a una variación en la señal de entrada lo que permitirá realizar alguna acción de control en el sistema. El control de un proceso permite su automatización, mejorando la calidad del producto, disminuyendo el consumo energético, costos de producción y mantenimiento.

### 2.15.1. Sistemas HMI

Es la interfaz máquina-humano, cuyo objetivo es diseñar, simular, supervisar y controlar el sistema, permitiendo mayor dialogo y ergonomía con los procesos de control, posee objetos gráficos en función del estado de las variables a los cuales se las asocia.



**Figura 27.** HMI Proceso Industrial

Fuente: (Méndez, 2016)

#### 2.15.1.1. Funciones

##### 2.15.1.1.1. Monitoreo

Tiene la habilidad de obtener y mostrar datos exactos del proceso en tiempo real, mediante números, textos o gráficos fáciles de interpretar.

##### 2.15.1.1.2. Supervisión

Permite ajustar las condiciones de trabajo en el proceso, directamente a través del dispositivo de control.

#### **2.15.1.1.3. Control**

Mediante algoritmos, permite ajustar los valores del proceso y mantener estos valores dentro de los límites.

#### **2.15.1.1.4. Alarmas**

Reconoce fallas en el proceso y las reporta basándose en los límites establecidos para cada variable.

### **2.15.2. Automatización**

Quiere decir: guiado por uno mismo, y es el uso de sistemas o elementos computarizados y electromecánicos para controlar maquinaria y procesos industriales, eliminando la mano de obra humana. (Mavaisa, 2010)

#### **2.15.2.1. Optimización de recursos**

Hace referencia a tener la mejor ganancia y la mínima pérdida en un proceso, siempre se busca alcanzar éxito en un emprendimiento o circunstancia.

#### **2.15.2.2. Control de procesos**

El control de procesos tiene como fin un producto con expectativas altas en el mercado, busca corregir errores surgidas en un sistema tomando en cuenta el estado de las variables respecto a los valores establecidos como óptimos.

## CAPÍTULO III

### DISEÑO Y SELECCIÓN DE COMPONENTES DEL SISTEMA

#### 3.1. Introducción

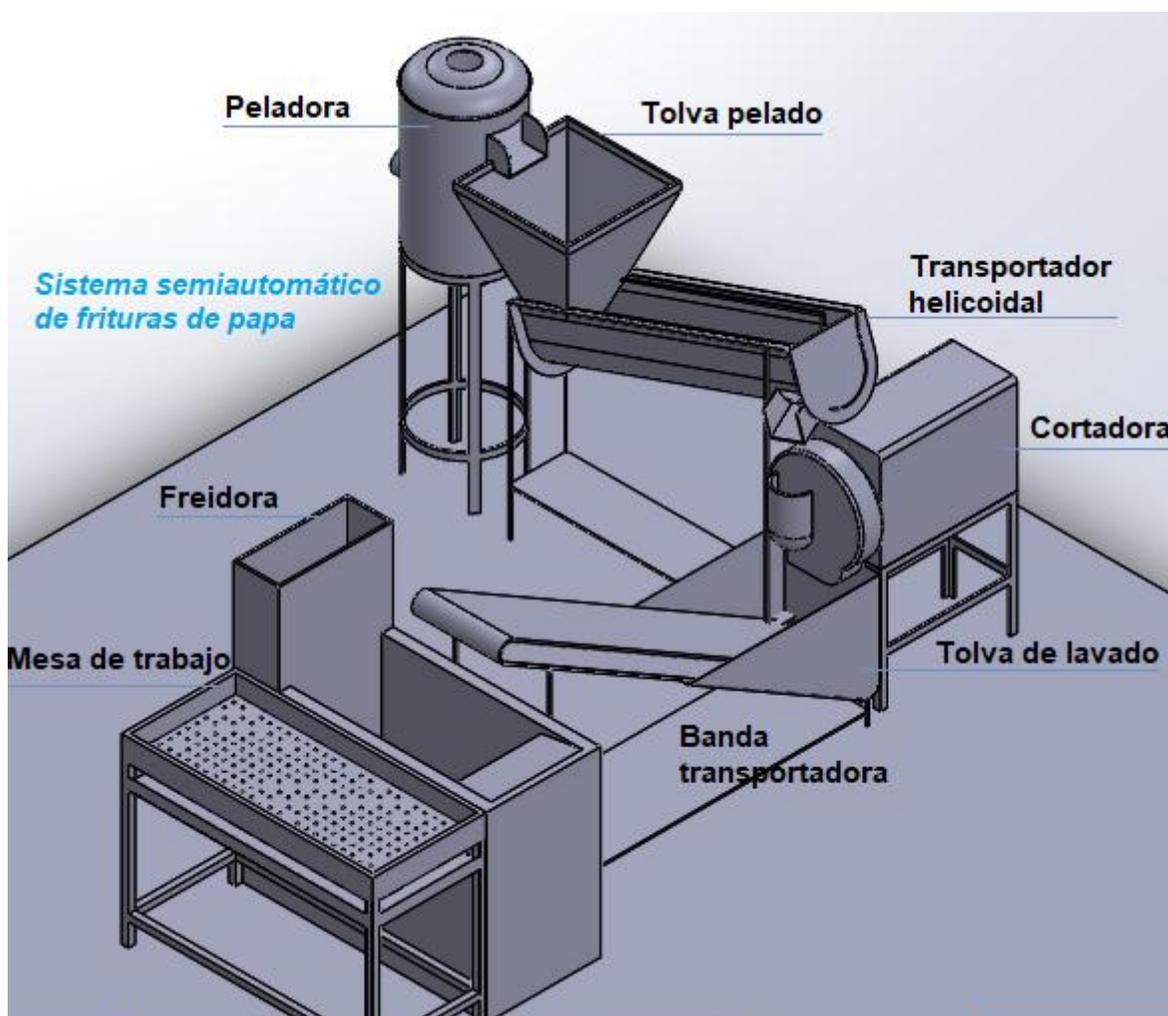
En este capítulo se detalla el diseño del sistema semiautomático de frituras de papa, el mismo que consta de:



**Figura 28.** Proceso por etapas

En donde la etapa de dosificado cuenta con la construcción de un transportador helicoidal, la etapa de lavado consiste en una tolva de lavado y transporte a partir de una banda y finalmente la etapa de freído cuenta con una canastilla elevable con

cambio de giro. Cada máquina adquirida y diseñada cuenta con sus respectivos criterios de selección en material, morfología y modelado CAD, finalmente se diseña el control con sus componentes.



**Figura 29.** Proceso diseñado en SolidWorks

### 3.2. Diseño mecánico

Para el diseño del proceso de elaboración de frituras se busca establecer una secuencia ordenada de cada una de las etapas para obtener una ingeniería práctica y funcional, este diseño implica creatividad, investigación y aplicación de

conocimientos logrando la organización del proceso para reducir tiempos de producción, facilidad de limpieza, mejora del producto final y eficiencia.

### **3.2.1. Consideraciones para el diseño**

Se busca reducir tiempos de producción, eliminando tiempos muertos, haciendo eficiente cada subproceso y sincronizándolos. Para esto se llegó a plantear las siguientes necesidades:

- Adquisición de maquinaria (peladora, cortadora y freidora convencional), la misma que será acondicionada para su integración en el sistema de automatización
- Apertura/cierre de las etapas de pelado y cortado
- Tolva de recepción de papas peladas
- Transportador helicoidal
- Tolva de lavado de papas cortadas
- Banda transportadora elevadora
- Mecanismo de elevación de la canastilla de la freidora
- Mesa de trabajo

En cada necesidad planteada se realizará un análisis de búsqueda hacia la mejor solución, tomando en cuenta los requerimientos del proceso.

### **3.2.2. Método de selección de alternativas**

La selección de alternativas se realiza mediante la utilización de la matriz de Pugh, la que (Sejzer, 2016) define como una herramienta cuantitativa que permite realizar comparaciones entre diferentes alternativas, mediante una matriz, generalmente se la utiliza para el dimensionamiento, diseño y selección de un producto, primeramente, se definen los criterios en los que se va a evaluar las alternativas, se colocan verticalmente, después se especifica los posibles conceptos de diseño que apunten al cumplimiento de los criterios definidos.

Posteriormente se analiza criterio por criterio, si el cumplimiento es superior, inferior o igual al diseño actual se los define con +, -, 0 respectivamente, estos valores después son sumados y la alternativa que más suma será la mejor solución.

### **3.2.3. Adquisición de maquinaria**

En el mercado ecuatoriano se dispone de diferentes opciones al momento de comprar equipos para uso alimenticio, sin embargo, es necesario buscar maquinaria con un diseño adecuado y fabricación de alta calidad que cumpla con las normas exigidas por la autoridad en alimentos. Se seleccionaron tres máquinas principales para las etapas de pelado, cortado y freído, fue indispensable que estén elaborados en acero inoxidable 304 grado alimenticio.

#### **3.2.3.1. Máquinas peladoras**

Actualmente en el mercado se encuentran disponibles máquinas peladoras por abrasión, peladoras manuales eléctrica y peladoras manuales, debido al poco

desarrollo industrial y la falta de proyección de sistemas automatizados en la pequeña empresa no se encuentran disponibles más alternativas de máquinas peladoras de papa, para seleccionar la mejor opción de estas peladoras se debe destacar y comparar cada una de las propiedades de estas máquinas.

### **Alternativa 1: Peladora por abrasión**

Utiliza el desgaste de la superficie por rozamiento, permite pelar gran cantidad de tubérculo, posee bajo consumo de energía, resistente a esfuerzos físicos, rapidez en el pelado, el tanque y disco giratorio es de fácil mantenimiento y limpieza.

### **Alternativa 2: Peladora manual eléctrica**

Esta máquina es multifuncional, de fácil traslado, con un sistema de rotación mediante un motor eléctrico, su fabricación utiliza aluminio y plástico, ocupa baterías para su funcionamiento.

#### **3.2.3.1.1. Criterios de selección de la máquina peladora**

**Tabla 4**

*Criterios de selección de la máquina peladora*

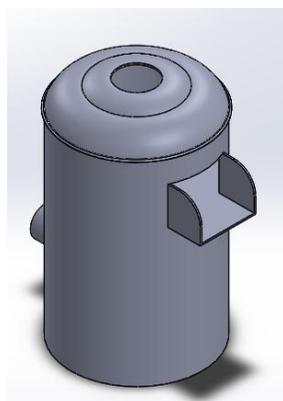
Criterios de selección	Conceptos (Alternativas de diseño)	
	Alternativa 1	Alternativa 2
Efectividad	-	+
Costo	+	+
Rendimiento	+	-
Aplicabilidad	-	+

**CONTINÚA**



Automatización	+	-
Resistencia	+	-
Mantenimiento	+	+
Suma 0	0	0
Suma -	2	3
Evaluación neta	3	1

Los resultados de la tabla 4, según la matriz de Phneu-nets, muestran que la alternativa 1 cumple de mejor manera con los criterios requeridos para la selección de la máquina peladora a automatizarse en el sistema de frituras de papa, debido a que posee un costo de adquisición bajo en el mercado, rendimiento de producción alto, facilidad para automatizar y dar mantenimiento.



**Figura 30.** Peladora seleccionada

### 3.2.3.2. Máquinas cortadoras

La disponibilidad de máquinas cortadoras en el mercado nacional es muy baja por lo que se encuentra mayormente la cortadora con cuchilla en el disco giratorio y muy

poco o bajo pedido la cortadora con cuchillas laterales en el tanque, es necesario elegir la mejor opción tomando en cuenta la velocidad de corte y grosor de la hojuela, el grosor promedio de una hojuela de papa se encuentra entre 1,5 mm y 1,8 mm (Gould, 1999).

### **Alternativa 1: Cortadora con cuchilla en el disco giratorio**

Consta fundamentalmente de un disco vertical en el cual posee una cuchilla, la distancia entre la cuchilla y la superficie del disco es la que determina el espesor de la papa que se desea rebanar, la entrada de la materia prima es mediante una boquilla, y la salida de la papa rallada se encuentra en la parte inferior del disco.

### **Alternativa 2: Cortadora con cuchillas laterales en el tanque**

Consiste en un tanque con dos placas perpendiculares fijas en las cuales se encuentran las cuchillas, esta máquina se encarga que las papas colisionen con las paredes internas del tanque, en donde por la fuerza de la colisión se rebanarán, dependiendo del ángulo de las cuchillas y las placas internas se observará el grosor de la hojuela.

#### **3.2.3.2.1. Criterios de selección de la máquina cortadora**

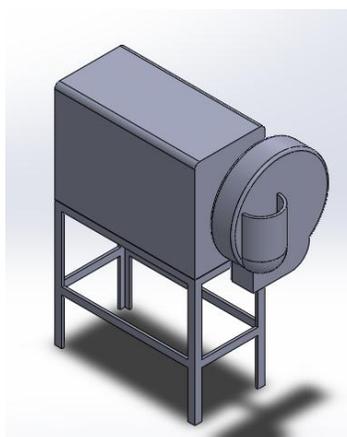
**Tabla 5**

*Criterios de selección de la máquina cortadora*

Criterios de selección	Conceptos (Alternativas de diseño)	
	Alternativa 1	Alternativa 2
		<b>CONTINÚA</b> 

Disponibilidad	+	-
Rendimiento	+	+
Automatización	+	+
Mantenimiento	+	+
Suma +	7	4
Suma 0	0	0
Suma -	0	2
Evaluación neta	6	2

Sumando el puntaje asignado a cada una de las alternativas de la tabla 3.2, muestran a la primera alternativa como la más viable, debido a que muestra gran disponibilidad en el mercado, su costo de adquisición es bajo, su nivel de rendimiento y facilidad de automatización es alta.

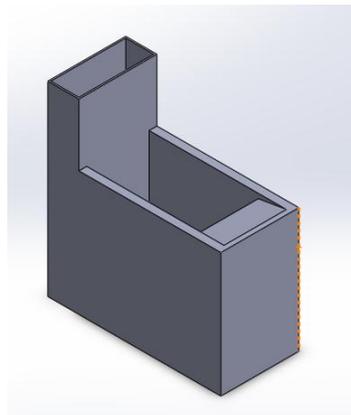


**Figura 31.** Cortadora seleccionada

### 3.2.3.3. Máquinas freidoras

La industria alimenticia ecuatoriana, utiliza freidoras estándar de aproximadamente 4 y 8 litros de capacidad de aceite, sin embargo, las máquinas de

más capacidad se producen bajo pedido, por lo cual se realizó un pedido de freidora con 40 L de capacidad en el pozo de aceite, el sistema de calentamiento consiste en flautas internas de acero inoxidable 304, en las cuales internamente se encuentra un sistema de hornillas lineales, las cuales contribuyen a que el aceite no se queme y el calor no se enfoque solo en un lugar del pozo, posee recubrimiento de lana de vidrio para conservar el calor en el pozo. A este tipo de freidora se propuso, incorporar una canastilla de acero inoxidable, la misma que será el mecanismo de elevación con cambio de giro.



**Figura 32.** Freidora seleccionada

#### **3.2.4. Selección de Material**

Existen parámetros a tomar en cuenta para seleccionar el material de construcción de los sistemas de transporte entre etapas, debido a la aplicación en la elaboración de alimentos es necesario que el material escogido tenga resistencia a la corrosión y desgaste a la abrasión producida por los micronutrientes, donde debe conservarse las propiedades organolépticas, fácil limpieza, bajo costo, maquinabilidad, capacidad para ser cortado, pulido y soldado.

En el mercado existen materiales disponibles como el acero galvanizado, polímeros, acero suave y acero inoxidable. El acero galvanizado necesita ser pintado para evitar la oxidación, y esto afectaría directamente al material, puesto que después de que las capas de pintura comiencen a desprenderse, el alimento va a contaminarse, se toma en cuenta también que no tiene resistencia a la fricción. Por otro lado, los polímeros requieren un alto costo de producción de componentes, adicional a esto su durabilidad es menor al acero, mientras que el desgaste es mayor. El acero suave queda totalmente descartado ya que no es apto para ser empleado en áreas en donde se utilicen micronutrientes, sin embargo, el acero inoxidable posee características propias del proceso de alimentos, como la resistencia a la corrosión y óxido, facilidad en la fabricación y limpieza, alta resistencia y maquinabilidad.

Por lo tanto, se utilizará acero inoxidable 304 que es el más utilizado en la industria alimenticia.

### **3.2.5. Tolva de la peladora**

#### **3.2.5.1. Determinación de la densidad de la papa**

El tamaño de la papa es un indicador importante al momento de seleccionar una variedad específica, generalmente para esta aplicación se utilizan la súper-chola y la papa fruit por su dimensión y características de corte.

Para determinar la densidad se toman 6 papas grandes como muestra de cada variedad, es necesario pesarlas en una balanza, posteriormente a través de un

recipiente con medida se determina el volumen de cada una. Mediante los datos obtenidos se calcula la densidad de cada muestra y se realiza un promedio.

$$\rho = \frac{m}{v}$$

### Ec.3.1.

Donde:

V Volumen a ser ocupado ( $m^3$ ).

M Masa del material ( $kg$ ).

$\rho$  Densidad ( $\frac{kg}{m^3}$ )

**Tabla 6**

*Densidad de las muestras de papa Súper-chola*

# de Muestra	Masa [lb]	Volumen [L]	Factor de conversión Mult. por	Densidad [ $g/cm^3$ ]
1	0,99	0,34	0,454545	1,32352
2	1,05	0,38	0,454545	1,25597
3	1,06	0,40	0,454545	1,20454
4	0,98	0,33	0,454545	1,34986
5	0,96	0,31	0,454545	1,40762
6	1,23	0,50	0,454545	1,11818
			<b>Promedio</b>	1,27661

**Tabla 7**  
*Densidad de las muestras de papa Fruit*

# de Muestra	Masa [lb]	Volumen [L]	Factor de conversión Mult. por	Densidad [ $g/cm^3$ ]
1	1,05	0,36	0,454545	1,32575
2	1,03	0,42	0,454545	1,11471
3	1,11	0,48	0,454545	1,05113
4	1,07	0,38	0,454545	1,27990
5	0,96	0,39	0,454545	1,11888
6	1,17	0,49	0,454545	1,08531
			<b>Promedio</b>	1,16261

Como se observa en las tablas anteriores el promedio de la densidad de las muestras de papa Fruit es  $1,16246 \frac{g}{cm^3}$  y de la variedad Súper chola es  $1,27661 \frac{g}{cm^3}$ .

### 3.2.5.2. Dimensionamiento

El dimensionamiento de esta tolva fue realizada a través de cálculos de volumen en donde se pretendía cubrir la capacidad de carga de la peladora, por lo tanto, se calculó el volumen real de la peladora.

Datos:

$$h = 180mm$$

$$r = 190mm$$

$$V_{peladora} = h * \pi * r^2$$

**Ec.3.2.**

$$V_{peladora} = 180mm * \pi * (190mm)^2$$

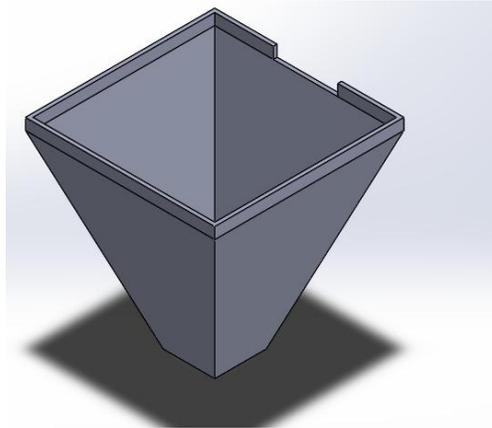
$$V_{peladora} = 204140069.06 mm^3$$

$$V_{peladora} = 20.41L$$

Se tomó como dato inicial el volumen de la peladora y se diseñó la tolva para que contenga hasta máximo dos veces esta capacidad, es decir que contenga aproximadamente 40L.

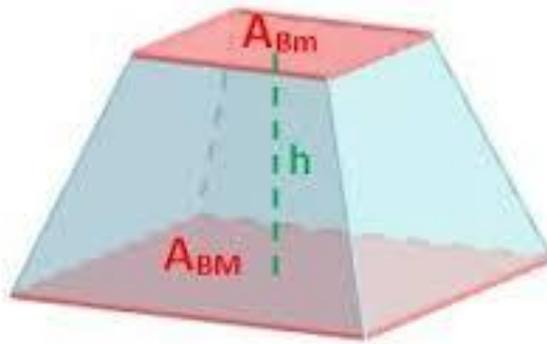
### **3.2.5.3. Capacidad de la tolva**

Se debe tomar en cuenta que esta tolva depositará las papas de manera ordenada en el transportador helicoidal por lo cual es necesario que su apertura inferior concuerde con la dimensión de las papas a usar. Se ha tomado como muestra una papa mediana para referenciar esta apertura, se ha asumido 100 mm x 100mm. El volumen a calcular es la suma de una pirámide truncada de cuatro lados con un prisma rectangular.



**Figura 33.** Tolva diseñada

*Volumen de la piramide truncada de cuatro lados*



**Figura 34.** Pirámide truncada

Datos:

$$L_m = 100\text{mm} \rightarrow \text{Longitud menor}$$

$$L_M = 440\text{mm} \rightarrow \text{Longitud mayor}$$

$$h = 390\text{mm} \rightarrow \text{altura}$$

$$\text{Área menor} \rightarrow A_{Bm} = L_m^2 = (100\text{mm})^2 = 10000\text{mm}^2$$

$$\text{Área mayor} \rightarrow A_{BM} = L_M^2 = (440\text{mm})^2 = 193600\text{mm}^2$$

$$V = \frac{h}{3} (A_{BM} + A_{Bm} + \sqrt{A_{BM} * A_{Bm}})$$

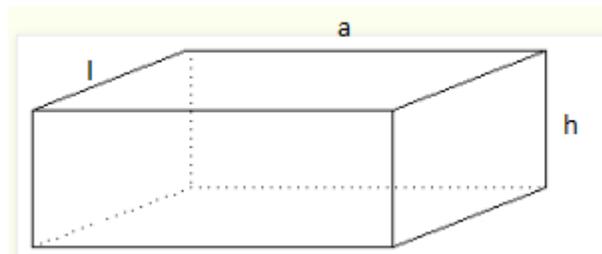
**Ec.3.3.**

$$V = \frac{390mm}{3} (193600mm^2 + 10000mm^2 + \sqrt{193600mm^2 * 10000mm^2})$$

$$V = 32188000mm^3$$

$$V = 32.188L$$

*Volumen prisma rectangular*



**Figura 35.** Volumen Prisma rectangular

Datos:

$$l = 440mm$$

$$a = 440mm$$

$$h = 110mm$$

$$V = l * a * h$$

**Ec.3.4.**

$$V = 440mm * 440mm * 110mm$$

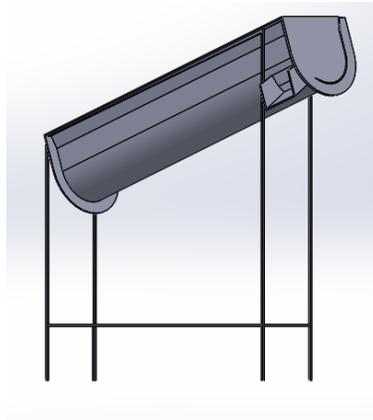
$$V = 21296000\text{mm}^3 = 21.29 L$$

$$\text{Volumen tolva peladora} = 32.18L + 21.29L$$

$$\text{Volumen tolva peladora} = 53.47 L \approx 54L$$

### 3.2.6. Transportador helicoidal

Las propiedades del material a transportar afectan las cargas para su diseño, entre ellas está la densidad, ángulo de reposo y el coeficiente de fricción.



**Figura 36.** Transportador helicoidal

#### 3.2.6.1. Capacidad del transportador

La capacidad volumétrica ( $V$ ) depende del diámetro del tornillo ( $D$ ) en metros, paso del tornillo ( $S$ ) en metros, su velocidad de rotación ( $N$ ) en rpm, y la eficiencia de carga del área de la sección transversal ( $\varphi$ ). La capacidad ( $Q$ ) está dada por la siguiente ecuación:

$$Q = V_{\gamma} = \frac{\pi D^2}{4} S 60 N \varphi \rho C$$

**Ec.3.5.**

Donde:

- $\rho$  Densidad del material  
 $C$  Factor dependiendo de la inclinación del transportador  
 $S$  Paso  $S=0.8 D-1D$   
 $\varphi$  Varía con fluidez del material como se muestra en la tabla 3.5

**Tabla 8**

*Fluidez del material*

Características de Materiales	Valor de $\varphi$
Flujo lento, abrasivos (linker, ceniza)	0.125
Flujo lento, suave abrasivo	0.25
Flujo libre, suave abrasivo (arena)	0.32
Flujo libre, no abrasivo (grano)	0.4

Fuente: Ray, s (2008) Introduction to Materials Handling

El valor de  $C$  varía con el ángulo de inclinación  $\beta$  como se muestra en la tabla 3.6.

**Tabla 9**

*Variación de  $C$  según  $\beta$ .*

	0°	5°	10°	15°	20°
B					
C	1.0	0.9	0.8	0.7	0.65

Fuente: Ray, S (2008) Introduction to Materials Handling

### 3.2.6.2. Calculo de la potencia

Se recomienda el cálculo de potencia de un transportador de tornillo (Ray, 2008), la potencia de accionamiento de un transportador cargado se calcula mediante la fórmula:

$$P = P_H + P_N + P_{st}$$

**Ec.3.6.**

Donde:

- $P_H$  Potencia necesaria para transportar el material
- $P_N$  Potencia motriz del transportador sin carga
- $P_{st}$  Potencia requerida para la inclinación del transportador

#### 3.2.6.2.1. Potencia necesaria para transportar el material

La potencia  $P_H$  en Kw, viene dada por la ecuación:

$$P_H = \frac{QL}{367} \lambda [W]$$

**Ec.3.7.**

Donde:

- Q Flujo requerido del material  $\frac{kg}{hora}$
- L Longitud de transportación  $m$
- $\lambda$  Coeficiente de resistencia de material

Durante el proceso existe fricción interna entre el material, el canalón y el tornillo, por lo tanto el  $\lambda$  es un coeficiente normal de fricción,  $\lambda$  depende del material y del tamaño, que oscila entre 2 y 4.

### 3.2.6.2.2. Potencia para el accionamiento del tornillo sin carga

Es proporcional al diámetro y longitud del tornillo, está dado por la siguiente fórmula:

$$P_N = \frac{DL}{20} [Kw]$$

**Ec.3.8.**

Donde:

D Diámetro nominal del tornillo *m*

L Longitud total del tornillo *m*

### 3.2.6.2.3. Potencia debido a la inclinación

Es el producto de la tasa del flujo másico y la altura a la que el material está siendo transportado, se representa por la fórmula:

$$P_{st} = \frac{QH}{367} [W]$$

**Ec.3.9.**

Donde:

Q Flujo requerido del material  $\frac{kg}{hora}$

H Altura *m*

Si el material se mueve hacia debajo de la inclinación se toma como negativa la altura, por lo tanto, el requisito de potencia es:

$$P = \frac{Q(\lambda L + H)}{367} + \frac{DL}{20}$$

**Ec.3.10.**

### 3.2.6.3. Dimensionamiento

En transportador helicoidal se encarga del transporte de las papas de la etapa de pelado a la de corte, por lo que se tiene los siguientes datos:

- **Longitud:** 1300mm = 1.30m
- **Paso:** 100mm = 0.1m
- **Material a transportar:** Papas
- **Densidad del material:**  $1.219535 \text{ g/cm}^3 \rightarrow 1219.535 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
- **Diámetro del tornillo:** 130 mm = 0.13m
- **Tiempo de operación:** 4 horas diarias

Es necesario conocer la capacidad del transportador: como está diseñado para alimentar la etapa de corte en donde las papas van a introducirse individualmente, se estima que lo mínimo a cortarse será  $2 \text{ qq/h}$  de papas, es necesario considerar las diferentes densidades de las variedades de papa más usadas.

$$\text{Relacion entre densidades} = \frac{\text{Densidad Super chola}}{\text{Densidad Fruit}}$$

**Ec.3.11.**

$$\text{Relación entre densidades} = \frac{1,27661 \text{ g/cm}^3}{1,16246 \text{ g/cm}^3} = 1,0982$$

Por lo tanto, la capacidad de papas en el transportador es:

$$1,0982 * \frac{2qq}{h} = 2.19639 \frac{qq}{h}$$

$$Q = 2.19639 \frac{qq}{h} * \frac{100kg}{1qq}$$

$$Q = 219.639 \frac{kg}{h}$$

Despejando la velocidad (N) de la ecuación 3.5 se tiene que:

$$N = \frac{Q}{15\pi D^2 S \rho C \varphi}$$

### Ec.3.12.

De la tabla 3.5 se tomó el valor de  $\varphi = 0.32$  que corresponde a un flujo libre, suave abrasivo, el valor de  $\beta = 30^\circ$  según la tabla 3.6 indica que  $C=0.55$ , con lo cual se obtiene la velocidad necesaria del tornillo según la Ec. 3.12

$$N = \frac{219.639 \frac{kg}{h}}{15\pi(0.13 \text{ m})^2 * 0.1\text{m} * 1219.535 \frac{kg}{m^3} * 0.55 * 0.32}$$

$$N = 13 \text{ rpm}$$

Son necesarias 60 rpm en el eje que porta el tornillo sin fin transportador.

Para calcular la potencia necesaria, determinamos mediante la Ec. 3.7 que considera a  $\lambda = 4$ . Se realiza un promedio de los  $\lambda$  de los materiales posiblemente a transportar.

$$P_H = \frac{QL}{367} \lambda [W]$$

$$P_H = \frac{219.639 \frac{kg}{h} * 1.30m}{367} * 4$$

$$P_H = 0.7788 [W]$$

Para calcular la potencia de accionamiento del tornillo sin carga  $P_H$  , se utiliza la Ec.3.8.

$$P_N = \frac{DL}{20} [KW]$$

$$P_N = \frac{0.13m * 1.30m}{20}$$

$$P_N = 0.00845 KW = 8.45W$$

Para el cálculo de la potencia debido a la inclinación  $P_{st}$ , utilizando la Ec.3.9:

$$P_{st} = \frac{QH}{367} [W]$$

$$P_{st} = \frac{219.639 \frac{kg}{h} * 0.65m}{367} [W]$$

$$P_{st} = 0.38900W$$

Mediante la Ec.3.6. Se obtiene la potencia total requerida por el transportador a plena carga.

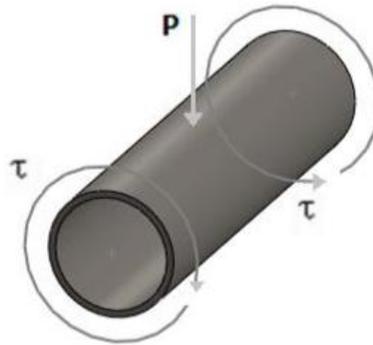
$$P = P_H + P_N + P_{st}$$

$$P = 0.7788W + 8.45W + 0.38900W$$

$$P = 9,617W$$

#### 3.2.6.4. Diseño del eje

El eje del tornillo es un cilindro hueco, que gira soldado a la hélice, puede compararse a una viga sometida a cargas de flexión, compresión, tensión o torsión que pueden presentarse de manera individual o combinada. También se pueden presentar tensiones por esfuerzo de corte vertical y tensiones normales directas que se deben a cargas axiales (Mott, 2006), a veces su efecto es mínimo y pueden omitirse. El tornillo sin fin se encuentra sometido a flexión por su propio peso, torsión en el torque producido por el motor.



**Figura 37.** Esfuerzos combinados en el eje

Fuente: (Rivera Grijalva, 2013)

Mediante el software Solid Works 2018 se obtuvo la masa del material AISI 304, como se muestra a continuación.

Densidad = 0.01 gramos por milímetro cúbico  
 Masa = 3272.81 gramos  
 Volumen = 409101.34 milímetros cúbicos  
 Área de superficie = 390249.71 milímetros cuadrados

**Figura 38.** Propiedades físicas del eje en acero 304

Se obtuvieron los diagramas de torsión, fuerza cortante y momento flexionante a partir del software MD Solid, considerando el peso que actúa como una carga distribuida a lo largo del eje (Rivera Grijalva, 2013).

Datos:

$$L = 1.3m$$

$$m = 3,272 Kg$$

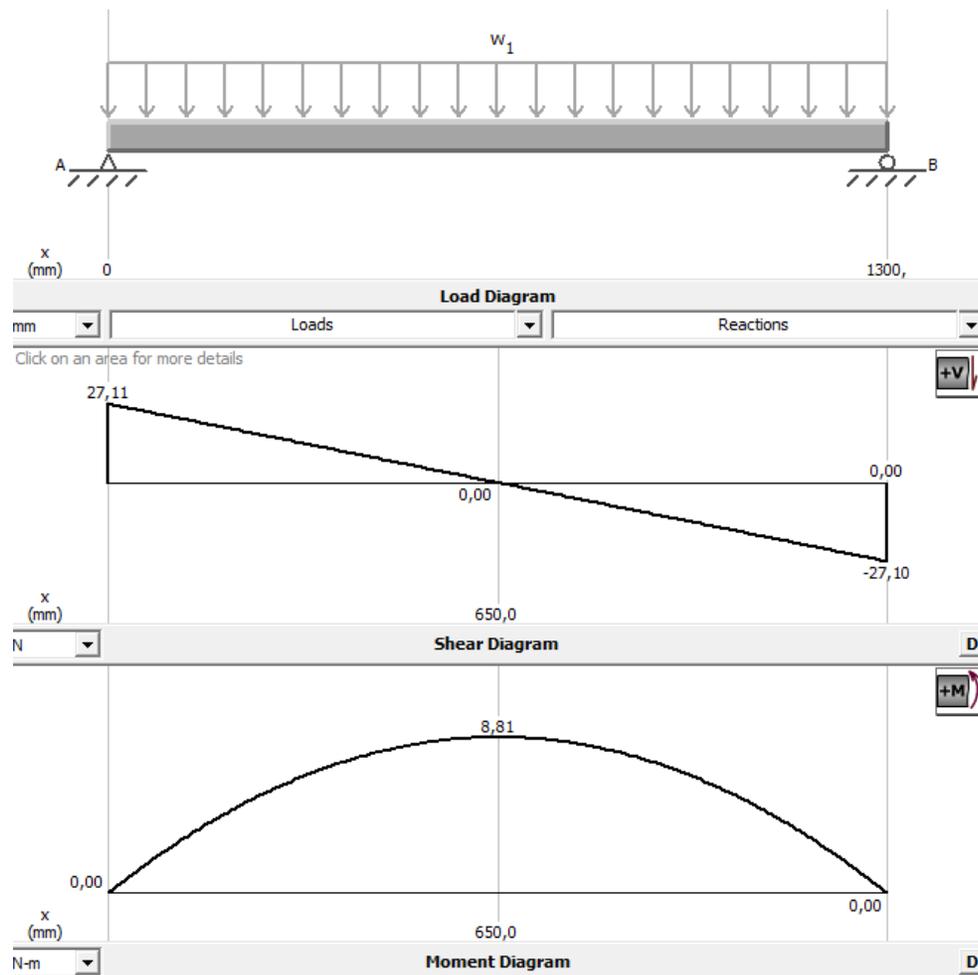
$$g = 9.81 m/s^2$$

$$W = m * g$$

**Ec.3.13.**

$$W = 3,272kg * 9,81 m/s^2$$

$$W = 32,11N$$



**Figura 39.** Diagramas de fuerza cortante y momento flexionante

### 3.2.6.4.1. Diseño por flexión

El cálculo de la flexión viene dado por la siguiente ecuación:

$$\sigma_{x\text{flexión}} = \frac{M_{\text{max}}}{S}$$

**Ec.3.14**

Donde:

$\sigma_{x\text{flexión}}$  Esfuerzo por flexión

$M_{max}$  Momento máximo

$S$  Módulo de resistencia

$S$  para una sección circular hueca se da por la siguiente fórmula:

$$S = \frac{\pi}{32D} (D^4 - d^4)$$

**Ec.3.15.**

Donde:

$D$  Diámetro exterior del eje

$d$  Diámetro interior del eje

$$D = 49.8mm = 0.0498m$$

$$d = 45.6mm = 0.0456m$$

Reemplazando datos en la Ec. 3.15 se tiene:

$$S = \frac{\pi}{32(0.0498m)} (0.0498^4 - 0.0456^4)$$

$$S = 3.374 \times 10^{-6} [m^3]$$

Considerando  $M_{max} = 9154,32 Nm$  se encuentra la flexión a través de la Ec.3.14

$$\sigma_{xflexión} = \frac{8.81 Nm}{3.374 \times 10^{-6} m^3}$$

$$\sigma_{xflexión} = 2,611 MPa$$

### 3.2.6.4.2. Diseño por torsión

El eje al girar se somete a un torque, en donde una sección transversal gira en relación a otras secciones transversales en el eje (Rivera Grijalva, 2013). Está dado por la fórmula:

$$\tau_{torsión} = \frac{16TD}{\pi(D^4 - d^4)}$$

**Ec.3.16.**

Donde:

$\tau_{torsión}$       Esfuerzo por torsión  
 $T$               Momento torsionante

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

**Ec.3.17.**

Donde:

$P$               Potencia W  
 $n$               Velocidad angular  $\frac{rad}{s}$   
 $T$               Momento torsionante

Considerando que se usará un motor con una potencia de 100W y a una velocidad de 20rpm, reemplazando en la ecuación 3.17:

$$T = \frac{100W}{20 \frac{rev}{min} \times \frac{2\pi}{1 rev} \times \frac{1 min}{60s}} = 47.74 Nm$$

Reemplazando en la Ec. 3.16

$$\tau_{torsión} = \frac{16TD}{\pi(D^4 - d^4)}$$

$$\tau_{torsión} = \frac{16 * 47.74 Nm * 0.0498m}{\pi(0.0498^4 - 0.045^4)}$$

$$\tau_{torsión} = 5.90MPa$$

### 3.2.6.4.3. Diseño por cortante debido a la flexión

La siguiente ecuación describe el esfuerzo por corte:

$$\tau_{corte} = \frac{2V}{A}$$

**Ec.3.18.**

Donde:

$\tau_{corte}$       Esfuerzo cortante debido a la flexión

$V$               Fuerza cortante

$A$               Área de la sección transversal

$$A = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4}$$

**Ec.3.19.**

$$A = \frac{\pi(0.0498^2 - 0.0456^2)m^2}{4}$$

$$A = 3.573 \times 10^{-4} m^2$$

Reemplazando valores:

$$\tau_{corte} = \frac{2 * 6.99N}{3.573 \times 10^{-4} m^2} = 0.03915 MPa$$

$$\tau_{xy} = \tau_{torsion} + \tau_{corte}$$

**Ec.3.20.**

$$\tau_{xy} = 5.90 MPa + 0.03915 MPa$$

$$\tau_{xy} = 5.94 MPa$$

#### 3.2.6.4.4. Esfuerzos combinados

Esfuerzo Principal Máximo:

$$\sigma_1 = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}$$

**Ec.3.21.**

$$\sigma_y = 0 Pa$$

$$\sigma_x = 2.61 MPa$$

$$\sigma_1 = \frac{2.61}{2} + \sqrt{\left(\frac{2.61}{2}\right)^2 + 5.94^2}$$

$$\sigma_1 = 7.38 \text{ MPa}$$

Esfuerzo Principal mínimo

$$\sigma_2 = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} - \sqrt{\left(\frac{\sigma_x + \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}$$

**Ec.3.22.**

$$\sigma_2 = \frac{2.61}{2} - \sqrt{\left(\frac{2.61}{2}\right)^2 + 5.94^2}$$

$$\sigma_2 = -4.77 \text{ MPa}$$

Esfuerzo Cortante Máximo

$$\tau_{max} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_x + \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}$$

$$\tau_{max} = \sqrt{\left(\frac{2.61}{2}\right)^2 + 5.94^2}$$

$$\tau_{max} = 6.08 \text{ MPa}$$

Aplicando la Teoría de Von Mises:

$$\sigma = \sqrt{\sigma_1^2 - \sigma_1\sigma_2 + \sigma_2^2}$$

**Ec.3.23.**

$$\sigma = \sqrt{(7.38)^2 - (7.38)(-4.77) + (-4.77)^2}$$

$$\sigma = 66.91MPa$$

$$\sigma \leq S_y$$

**Ec.3.24.**

El factor a la fluencia  $S_y$  para el Acero AISI 304 es 276 MPa, que se encuentra en el Anexo B.

$$66.91MPa \leq 276MPa$$

Se cumple la condición de la Ec.3.24, en donde se demuestra que no existirá falla en el material

### 3.2.6.4.5. Factor de seguridad

El coeficiente de seguridad según el criterio de Von Misses se define:

$$FS = \frac{S_y}{\sigma}$$

**Ec.3.25.**

$$FS = \frac{276 MPa}{4.33 MPa}$$

$$FS = 63.74$$

Se comprueba que el factor de seguridad es mayor a 1, lo que indica que el diseño es correcto, el sobredimensionamiento es debido al material en óptimas condiciones.

#### 3.2.6.4.6. Deflexión máxima

La deflexión se da debido al peso que tiene el tornillo, debe mantenerse en un nivel mínimo puesto que es directamente proporcional a su vida útil.

$$f = \frac{5WL^3}{384EI}$$

**Ec.3.26.**

Donde:

$f$  Deflexión máxima

$E$  Módulo de Elasticidad Acero [200GPa]

$I$  Momento de Inercia de un círculo hueco

$W$  Peso del ej

Para calcular el momento de inercia en un círculo:

$$I = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{16}$$

**Ec.3.27.**

Reemplazando el momento de inercia en Ec.3.26 se tiene:

$$f = \frac{5WL^3}{384E \left[ \frac{\pi(D^4 - d^4)}{64} \right]}$$

$$f = \frac{5 * (32.11N) * (1.3m)^3}{384 * \left( 200 \times 10^6 \frac{N}{m^2} \right) \left[ \frac{\pi(0.0598^4 - 0.055^4)}{64} \right] m^4}$$

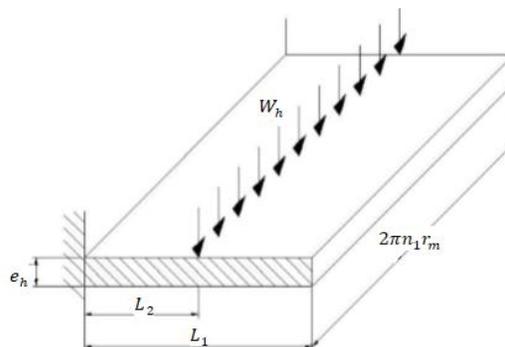
$$f = \frac{12.76Nm^3}{13712.81Nm^2}$$

$$f = 9.305 \times 10^{-4} m$$

La deflexión máxima no representa ningún riesgo debido a que es un valor sumamente pequeño.

### 3.2.6.5. Diseño de la Hélice

A la hélice se la compara con una viga corta en voladizo, proyectada desde el eje del transportador. La carga se toma como paralela al eje concentrado en el radio medio de la hélice y su anchura es la longitud de la hélice media en el radio medio (Rivera Grijalva, 2013).



**Figura 40.** Representación de la hélice

Fuente: (Rivera Grijalva, 2013)

Donde:

$e_h$	Espesor de la hélice
$L_1$	Ancho de la hélice
$L_2$	Distancia del radio medio
$W_h$	Carga máxima que empuja la hélice
$n_1$	Número de pasos
$r_m$	Radio medio

### 3.2.6.5.1. Volumen de la hélice

#### 3.2.6.5.1.1. Número de pasos

$$n_1 = \#Pasos = \frac{L}{P}$$

**Ec.3.28.**

Donde:

$n_1$	Número de pasos
L	Longitud del eje m
P	Paso del tornillo M

Mediante la Ec.3.28 para  $P = 0.1m$  obtenemos:

$$n_1 = \frac{1.3m}{0.1m}$$

$$n_1 = 13$$

### 3.2.6.5.1.2. Volumen para un paso

Se procede a calcular el volumen ocupado por cada paso según la Ec.3.29

$$V = \frac{\pi D^2}{4} P$$

**Ec.3.29.**

$$V = \frac{\pi(0.06m)^2}{4} * 0.1m$$

$$V = 2.827 \times 10^{-4} m^3$$

El volumen que ocupa cada paso del sin fin considerándolo lleno es  $2.827 \times 10^{-5} m^3$ , se escoge un 30% del porcentaje total de llenado máximo, se ha tomado el 30% como el promedio al analizar los diferentes materiales a transportar en el proceso.

$$2.827 \times 10^{-5} m^3 \rightarrow 100\%$$

$$x \rightarrow 30\%$$

$$x = 8.4823 \times 10^{-5} m^3$$

$$V_c = 8.4823 \times 10^{-5} m^3$$

### 3.2.6.5.2. Cálculo del peso y carga máxima del material

Se calcula la masa para el volumen que ocupa cada paso al 30%, mediante la Ec.3.1.

$$m = \rho * V$$

$$m = 1219,535 \text{ Kg/cm}^3 * 8.4823 \times 10^{-5} \text{ m}^3$$

$$m = 0.10344 \text{ Kg}$$

Y se calcula el peso del mismo

$$W = W_p = mg$$

**Ec.3.30.**

Donde:

$W_p$       Peso [N]

$m$         Masa [Kg]

$g$         Gravedad [9.81  $\text{m/s}^2$ ]

$$W_p = 0.10344 \text{ Kg} * 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$W_p = 1.01479 \text{ N}$$

El peso correspondiente a un paso es 1.01479N, para el análisis se necesitará el peso para los 13 pasos, por lo que se realizará la multiplicación correspondiente:

$$W = W_p * n_1$$

**Ec.3.31.**

$$W = 1.01479 \text{ N} * 13$$

$$W = 13.19227N$$

La fuerza de contacto  $W_h$  es el peso de la carga máxima por el factor de fricción del material a transportarse.

$$W_h = W\mu_s$$

**Ec.3.32.**

Donde:

$W_h$  Carga máxima que empuja la hélice [N]

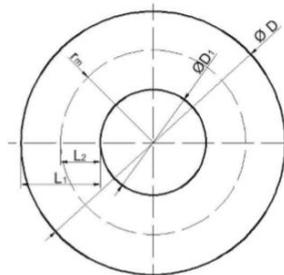
$W$  Peso total del material en el sin fin [N]

$\mu_s$  Factor de fricción del material (2)

$$W_h = 13.19227N * 2$$

$$W_h = 26.3845N$$

### 3.2.6.5.3. Cálculo de los parámetros del sinfín



**Figura 41.** Parámetros L del sinfín

Fuente: (Rivera Grijalva, 2013)

Donde:

D Diámetro de la hélice [m]

$D_1$  Diámetro del eje [m]

$$L_1 = \frac{D}{2} - \frac{D_1}{2}$$

**Ec.3.33.**

$$L_1 = \left( \frac{0.13}{2} - \frac{0.059}{2} \right) m$$

$$L_1 = 0.0355m$$

$$L_2 = \frac{L_1}{2}$$

**Ec.3.34.**

$$L_2 = \frac{0.0355m}{2}$$

$$L_2 = 0.01775m$$

$$r_m = \frac{D_1}{2} + L_2$$

**Ec.3.35.**

$$r_m = \frac{0.059}{2} + 0.01775$$

$$r_m = 0.04725m$$

### 3.2.6.5.4. Cálculo del espesor de la hélice

Como se mencionó anteriormente la hélice se compara a una viga en voladizo, en donde se aplica las condiciones de sumatoria de fuerzas y momentos.

$$\sum Fy = 0$$

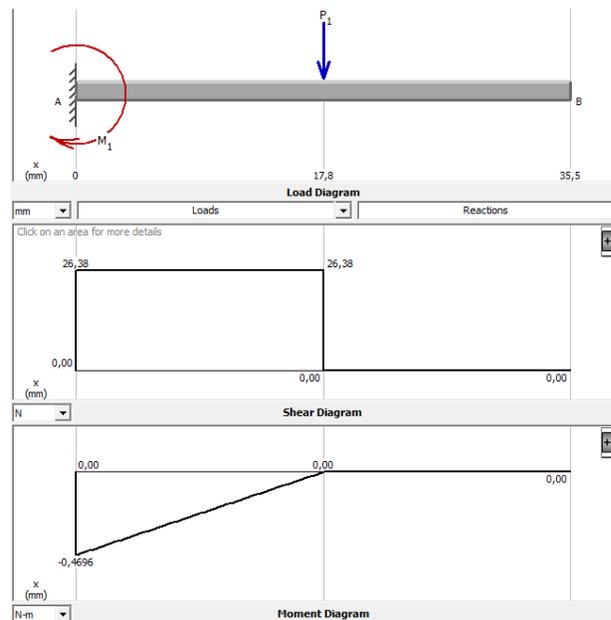
$$R_1 = W_h$$

$$R_1 = 26.3845N$$

$$\sum M_0 = 0$$

$$M_1 = 26.3845N * 0.01775m$$

$$M_1 = 0.4683Nm$$



**Figura 42.** Diagramas fuerza cortante y momento flexionante

A continuación, se calculará el espesor de la hélice, tomando en cuenta el diseño por cortante, flexión y por desgaste, para evitar deformaciones permanentes cuando se quiten las cargas se utiliza el esfuerzo de trabajo, el que no debe rebasar el esfuerzo calculado. Los límites por tensión en diferentes situaciones según ASME son los siguientes (Rivera Grijalva, 2013):

El esfuerzo admisible por tensión en una sección es:

$$F_b = 0.6S_y$$

El esfuerzo admisible por corte en una sección es:

$$F_v = 0.4S_y$$

#### 3.2.6.5.4.1. Diseño por cortante

Utilizando el criterio de que el esfuerzo cortante máximo debe ser menor que el esfuerzo admisible en corte se tiene:

$$\tau_{max} = \frac{3V}{2A} \leq F_v$$

**Ec.3.36.**

$$\tau_{max} = \frac{3 * 26.38}{2e_h[2\pi(13)(0.04725)]} \leq 0.4S_y$$

$$\frac{3 * 26.38}{2e_h[2\pi(13)(0.04725)]} = 0.4(276x10^6)$$

$$7.718e_h = 7.168x10^{-7}$$

$$e_h = 9.287 \times 10^{-8} m$$

### 3.2.6.5.4.2. Diseño por flexión

Se utiliza el criterio que indica que el esfuerzo flexionante máximo debe ser menor que el esfuerzo admisible en flexión (Rivera Grijalva, 2013).

$$\sigma_{max} = \frac{M_1 e}{I_n} \leq F_b$$

**Ec.3.37.**

$$\sigma_{max} = \frac{M_1 e}{\frac{2\pi n_1 r_m e^3}{12}} \leq 0.6 S_y$$

$$\sigma_{max} = \frac{6M_1}{2\pi n_1 r_m e_h^2} \leq 0.6 S_y$$

$$\frac{6 * 0.4696}{2\pi * 13 * 0.04725 * e_h^2} = 0.6(276 \times 10^6)$$

$$e_h = 1.304 \times 10^{-4} m$$

### 3.2.6.5.4.3. Diseño por desgaste

Existe desgaste debido a la fricción entre la hélice y el material, por lo tanto, es adecuado realizar un diseño para que no suceda desgaste prematuramente.

$$V_d = \frac{k_d F X_d}{3P_f}$$

**Ec.3.38.**

Donde:

$P_f$  Presión de flujo

$X_d$  Distancia del desplazamiento del punto de desgaste

$k_d$  Coeficiente de desgaste ( $5 \times 10^{-6}$ )

$F$  Fuerza al punto de contacto [N]  $F = W_h = 26.3845N$

$V_d$  Volumen del material

- **Tiempo de ciclo**

Se calcula el tiempo de ciclo tomando en cuenta la velocidad de giro y el número de pasos

$$20 \frac{rev}{min} \times \frac{1min}{60s} = 0.33 \frac{rev}{s}$$

Para un sinfín con 13 pasos, el tiempo en un ciclo completo es:

$$ciclo = 13 \times 0.33 = 4.29s$$

$$\frac{1ciclo}{4.29s} \times \frac{3600s}{1hora} = 839.16 \frac{ciclo}{hora}$$

- **Longitud de desgaste**

$$L_d = 2\pi n_1 r_m$$

**Ec.3.39.**

$$L_d = 2\pi * 13 * 0.04725$$

$$L_d = 3.8594$$

- **Distancia de desplazamiento del punto de desgaste**

Para una vida útil de servicio de 1000 horas es necesario el caculo de la distancia de desplazamiento del punto de desgaste.

$$X_d = \frac{\text{ciclo}}{\text{hora}} \times L_d \times \text{horas de trabajo}$$

**Ec.3.40.**

$$X_d = 839.16 \times 3.8594 \times 1000$$

$$X_d = 3238693.1m$$

- **Coeficiente de desgaste**

**Tabla 10**

*Valores Típicos de kd*

Lubricación de las superficies	Metal-Metal	Deseable-No Deseable	No metálicos Metálicos
Limpia	$5 \times 10^{-3}$	$2 \times 10^{-4}$	$5 \times 10^{-6}$
Pobre	$2 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-4}$	$5 \times 10^{-6}$
Promedio	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-5}$	$5 \times 10^{-6}$
Excelente	$2 \times 10^{-6}$	$2 \times 10^{-6}$	$5 \times 10^{-6}$
	$5 \times 10^{-7}$	$2 \times 10^{-7}$	$5 \times 10^{-6}$

Fuente: Marks Standard Handbook for Mechanical Engineering

- **Volumen de desgaste**

Para determinar el volumen de desgaste de la hélice, se tiene que:

$$V_d = L_d \times L_1 \times e_d$$

**Ec.3.41.**

$$V_d = 3.8594 \times 0.0355 \times e_d$$

Reemplazando la Ec.3.41 en la Ec.3.38

$$V_d = \frac{k_d F X_d}{3 P_f}$$

$$0.136 e_d = \frac{5 \times 10^{-6} * 26.384 * 3238693.1}{3 * 828 \times 10^6}$$

$$e_d = 1.26 \times 10^{-6}$$

Finalmente, el espesor que debe tener la hélice tomando en cuenta el diseño cortante y de flexión es la suma de los espesores encontrados.

$$e = e_h + e_d$$

$$e = 1.304 \times 10^{-4} + 1.26 \times 10^{-6}$$

$$e = 0.0001312m \approx 0.1312m$$

Por lo tanto, el espesor a usarse en la fabricación de la hélice es de 1 mm

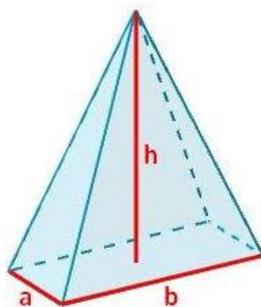
### 3.2.6.5.5. Desarrollo de la hélice

Para la fabricación de la hélice es necesario hacerlo por partes en donde se desarrollan los tramos y luego son soldados uno a uno, para lo cual primero se dibuja el alzado de un paso sin fin, esto quiere decir que a la semicircunferencia de la vista en planta de la hélice hay que dividirla en cierto número de partes iguales y por sus puntos de división se trazan perpendiculares al eje.

### 3.2.7. Tolva de la banda elevadora

Se dispuso el diseño de una tolva para la base de la banda elevadora, en donde se lavará el almidón de la papa rallada al momento de salir de la cortadora, con el fin de que no ingrese a la freidora, ya que este daña las propiedades del aceite. Se ha tomado como referencia el ancho de banda elegido, la altura propuesta se ha definido buscando el volumen de agua adecuado para el enjuague de la papa rallada.

Para calcular el volumen de la tolva se tomó como referencia la fórmula de volumen de la pirámide rectangular.



**Figura 43.** Pirámide rectangular

Fuente: (Universo fórmulas, 2018)

*Datos:*

$$\text{Ancho de banda} = 380\text{mm}$$

$$\text{Ancho de tolva} = 440\text{mm}$$

$$h = 540\text{mm}$$

$$a = 440\text{mm}$$

$$b = 2200\text{mm}$$

$$\text{Volumen} = \frac{a * b * h}{3}$$

**Ec.3.42.**

$$\text{Volumen} = \frac{440\text{mm} * 2200\text{mm} * 540\text{mm}}{3}$$

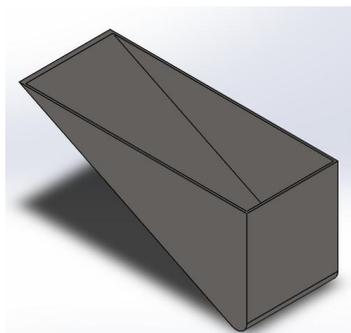
$$\text{Volumen} = 174240000\text{mm}^3$$

El volumen de la tolva corresponde a media piramide, por lo tanto su volumen es la mitad del total.

$$\text{Volumen tolva} = 87120000\text{mm}^3$$

$$87120000\text{mm}^3 * \frac{1\text{m}^3}{1 \times 10^9\text{mm}^3} = 0.08712\text{m}^3$$

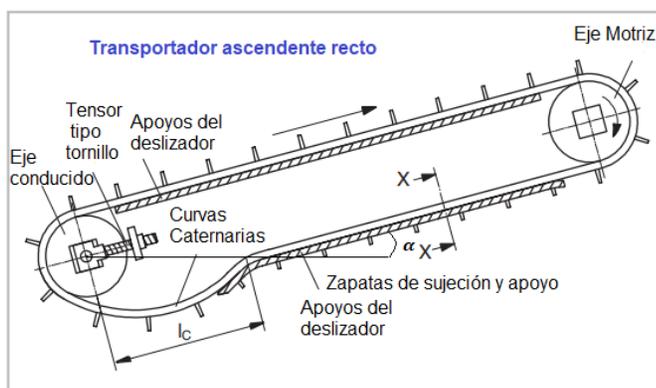
$$87120000\text{mm}^3 * \frac{1\text{L}}{1000000\text{mm}^3} = 87.12\text{L}$$



**Figura 44.** Tolva banda elevadora

### 3.2.8. Banda transportadora elevadora

Lo primero a definir en el diseño de la banda, es el material que va a transportar, su peso específico y la velocidad de transporte, ya que es la encargada de suministrar la hojuela de papa cruda a la freidora.



**Figura 45.** Banda transportadora elevadora

Fuente: (HabasitLINK®, 2005)

#### 3.2.8.1. Selección tipo de banda

El tipo de banda a elegir, deberá ser apta para la industria alimenticia, debido a que existe normativa en buenas prácticas de manufactura, se tomó como referencia

el catálogo de bandas para alimentos de aperitivos, frutas y vegetales de Habasit que se muestra a continuación:

**Tabla 11**

*Tipo de bandas transportadoras/elevador*

FRUTAS Y VERDURAS			
ELEVADOR			
CÓDIGO	ESTILO		MATERIAL
M1234	Superficie con puntos		Polietileno (PE)
M2510	Superficie plana		Polipropileno (PP)/Polioximetileno(POM)
M2514	Superficie con puntos		Polietileno (PE)/Polipropileno (PP)
M5010	Superficie plana		Polietileno (PE)/Polipropileno (PP)
M5011	Superficie perforada		Polietileno (PE)/Polipropileno (PP)
M5060	Superficie plana		Polietileno (PE)/Polipropileno (PP)
M5064	Superficie con puntos		Polietileno (PE)/Polipropileno (PP)
M5067	Superficie con nervio		Polietileno (PE)/Polipropileno (PP)

Fuente: (Gómez Rodríguez & Herrera Peña, 2016)

### **Alternativa 1: Polipropileno**

Es un material de bajo costo, termoplástico, mayormente utilizado en la industria alimenticia, alta resistencia química a ácidos y alcalinos, su temperatura de trabajo es entre +5°C-105°C, su densidad es  $0.9 \text{ g/cm}^3$ .

### **Alternativa 2: Polietileno**

Es un material usado en bajas temperaturas, alta resistencia química a ácidos y alcalinos, no recomendado en aplicaciones abrasivas, la contracción térmica requiere de una adaptación de diámetro de paso del piñón, su densidad es  $0.94 \text{ g/cm}^3$ , rango de temperatura entre  $-70^{\circ}\text{C}$ - $65^{\circ}\text{C}$ .

### Alternativa 3: Polioximetileno

Material con alta resistencia y bajo coeficiente de fricción, resistente al corte superficial, adecuado para aplicaciones de alto rendimiento y bajas temperaturas, su temperatura de trabajo es  $-40^{\circ}\text{C}$ - $60^{\circ}\text{C}$ .

**Tabla 12**

*Criterios de selección del material de la banda*

Criterios de selección	Conceptos (Alternativas de material)		
	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Costo	+	-	-
Resistencia química	+	+	+
Resistencia al aceite	-	-	+
Resistencia a altas temperaturas	+	-	-
Material de seguro contacto alimenticio	+	+	-
Suma 0	0	0	0
Suma -	1	3	3
Evaluación neta	3	-1	-1

Según la tabla 12 se seleccionó la primera alternativa, el polipropileno es más adecuado por su resistencia a entornos abrasivos, bajo costo-alto beneficio, trabaja en temperatura altas y seguro al contacto con los alimentos.



**Figura 46.** Banda con superficie plana perforada

Fuente: (HabasitLINK®, 2005)

Se busca que la banda no dañe el producto, como también que se escurra el excedente de agua procedente de la tolva de lavado, por lo cual se escoge una banda plana perforada. Además de la forma es necesario que esté diseñada para soportar condiciones mecánicas, físicas y químicas

Con el anterior análisis se concluyó que la mejor opción según el catálogo de bandas para alimentos de Habasit es el modelo M5000 Roller Top Heavy 2", la cual tiene un diseño robusto, excelentes propiedades de enjuague y drenaje, articulación cerrada, material en polipropileno, 33% de área abierta; mayor apertura posible. (HabasitLINK®, 2005)

A continuación se muestra los datos de la banda en donde se basaran los cálculos.

**Datos de la banda**

Material de la banda		Polipropileno				Poliacetal	
		PP		POM		PA	
Material de la varilla							
Material del rodillo		POM					
Espaciado lateral del rodillo por fila	mm / Pulg.	112 / 4.4	150 / 6	112 / 4.4	150 / 6	112 / 4.4	150 / 6
Desplazamiento de la siguiente fila con rodillos	mm / Pulg.	56 / 2.2	75 / 3	56 / 2.2	75 / 3	56 / 2.2	75 / 3
Resistencia nom. a la tracción [ $F'_t$ ] recorrido recto	N/m lb/ft	24000 1644	27000 1850	25000 1712	28000 1918	36000 2446	41000 2809
Rango de temperatura	°C °F	5 - 90 40 - 195	-40 - 90 -40 - 195	-40 - 90 -40 - 195			
Peso de la banda [ $m_b$ ]	kg/m <sup>2</sup> lb/sqft	8.0 1.64	8.0 1.64	8.0 1.64	8.0 1.64	12.0 2.46	12.0 2.46
Coef. de fricción banda-apoyo [ $\mu_0$ ]	• UHMW PE	0.13	0.13	0.13	0.13	0.10	0.10
	• HDPE	0.11	0.11	0.11	0.11	0.08	0.08
	• PA6, PA66	0.30	0.30	0.30	0.30	0.20	0.20
	• PA lubricada	0.13	0.13	0.13	0.13	0.11	0.11
	• Acero	0.25	0.25	0.25	0.25	0.14	0.14
Coef. de fricción rodillo-apoyo [ $\mu_0$ ]		0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Coef. de fricción rodillo-producto [ $\mu_p$ ]		0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05

**Figura 47.** Datos de la banda M5000 Roller Top Heavy 2"

Fuente: (HabasitLINK®, 2005)

**Tabla 13**

Datos necesarios para el diseño de la banda transportadora

**Características Banda M5000 Roller Top Heavy 2"**

Material	Polipropileno
Peso	$8 \text{ kg/m}^2$
Tipo de soporte	Mesa de apoyo
Diámetro mínimo del tambor	40 mm
Coeficiente de fricción	0.25

Fuente: (HabasitLINK®, 2005)

### 3.2.8.2. Diseño mecánico

Tomando en cuenta el ancho de la tolva de lavado de la banda, se selecciona una banda de 380 mm, con una longitud de 1.8m para lograr la caída adecuada de la materia prima en la etapa de freído, con un ángulo de inclinación de 30°.

#### 3.2.8.2.1. Diseño del rodillo de retorno

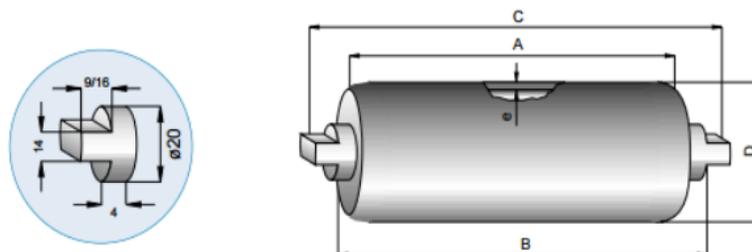
Mediante el catálogo de elementos de bandas transportadoras se determina el diámetro de los rodillos motriz y conducido, también ofrece medidas del eje de los rodillos (Martínez & Quinchimba, 2016).

Recomendación de diámetro de rodillos por ancho de banda											
BANDA	400	500	650	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200
63,5	x	x	x								
70		x	x	x							
76		x	x	x	x						
89		x	x	x	x						
102			x	x	x	x					
108			x	x	x	x	x				
127				x	x	x	x	x			
133				x	x	x	x	x			
152,4						x	x	x	x		
159						x	x	x	x		
193,7									x	x	x

**Figura 48.** Datos de la banda M5000 Roller Top Heavy 2"

Fuente: (ROTRANS S.A., 2016)

		RODAMIENTO 6204 EJE Ø20										
Serie M / S-20	DIÁMETRO RODILLO (mm)	D	63,5	70	78	89	102	108	127	133	152	159
	ESPESOR DE TUBO (mm)	e	3	3	3	3	3,6	3,8	4	4	4,5	5
	CONSTANTE PESO RODILLO	T	1	1,1	1,2	1,3	1,6	1,8	2	2,2	2,4	3
	CONSTANTE PESO P. MÓVILES	T1	1	1,2	1,2	1,4	2	2,3	2,8	2,9	3,3	4



**Figura 49.** Recomendaciones especificaciones eje

Fuente: (ROTRANS S.A., 2016)

Con el ancho de banda seleccionado el rodillo elegido según las recomendaciones del catálogo es de diámetro 63.5mm, para el cual el eje indicado de 20mm de diámetro.

		Colocación en HORIZONTAL			
BANDA	A	B	C	Peso rodillo Ø63.5	Peso partes móviles Ø63.5
300	400	408	440	3,35	2,40
400	500	508	540	4,20	2,85
500	600	608	640	4,93	3,33
650	750	758	790	5,99	4,02
800	950	958	990	7,40	4,92
1000	1150	1158	1190	8,80	5,82
1200	1400	1408	1440	10,56	6,96
1400	1600	1608	1640	11,97	7,87
1600	1800	1808	1840	13,38	8,78
1800	2000	2008	2040	14,79	9,87
2000	2200	2208	2240	16,20	10,60

**Figura 50.** Medidas estándares del tambor y rodillo de retorno

Fuente: (ROTRANS S.A., 2016)

### 3.2.8.2.2. Capacidad de carga

Es necesario conocer el peso crítico que soporta, es decir:

$$W_c = W_{ct} + W_b$$

**Ec.3.43.**

Donde:

$W_c$       Peso crítico en la banda transportadora

$W_{ct}$      Peso del material en el cuerpo de la tolva

$W_b$       Peso sobre la banda transportadora

Reemplazando la Ec.3.13 en la Ec.3.1 se tiene:

$$W = V * \rho * g$$

**Ec.3.44.**

Se obtiene la fórmula para encontrar el peso crítico del material dependiendo del que ocupa en las diferentes partes

$$W_c = \rho * g(V_{ct} + V_b)$$

**Ec.3.45.**

Donde:

$V_{ct}$       Volumen en el cuerpo de la tolva

$V_b$       Volumen en la banda transportadora

$$\rho \quad \text{Densidad del material} = 1.220605 \frac{g}{cm^3} * \frac{1kg}{1000g} * \frac{1000000cm^3}{m^3} = 1220.60 \frac{Kg}{m^3}$$

$$V_{ct} = 0.08712m^3$$

$$V_b = 1.8m * 0.38m * 0.11m = 0.07524m^3$$

Reemplazando los datos en la Ec.3.45

$$W_c = 1220.60 \frac{Kg}{m^3} * 9.81 \frac{m}{s^2} (0.08712m^3 + 0.07524m^3)$$

$$W_c = 1944.112N$$

Por último, la capacidad se encuentra mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Capacidad} = \frac{W_c}{g * \text{largo de banda}}$$

**Ec.3.46.**

$$\text{Capacidad} = \frac{1944.112N}{9.81 \frac{m}{s^2} * 1.80m}$$

$$\text{Capacidad} = 110.00 \text{Kg}f/m$$

### 3.2.8.2.3. Velocidad del transportador

Para determinar la velocidad de la banda es importante determinar la cantidad de papa rallada a elevar, por lo tanto, se determina el volumen de la banda que tendrá las siguientes medidas

$$\text{Ancho} = 0.38\text{m}$$

$$\text{Largo} = 1.8\text{m}$$

$$\text{Alto de la pared de contención} = 0.11\text{m}$$

$$\text{Volumen en la banda} = 0.07524\text{m}^3$$

Debido al volumen constante se despeja la masa de la Ec.3.1

$$m = V * \rho$$

$$m = 0.07524\text{m}^3 * 1220.60 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

$$m = 91.83\text{Kg} \approx 91830\text{g}$$

**Velocidad máxima de transporte (V) (m/s)**

**Tabla F**

A) Granos y otros materiales de relativa fluidez y baja abrasión  
 B) Carbón en mina y materiales moderadamente abrasivos  
 C) Minerales duros, piedras y materiales muy abrasivos.

Ancho de Banda	A	B	C
400	3	2,5	2,5
500	4	3	3
650	4	3,5	3,3
800	4,5	4	3,7
1000	5	4,2	4
1200	5,5	5	4,5
1400	6	5,5	4,5
1600	6	5,5	4,5
1800		6	5

**Figura 51.** Velocidad máxima de transporte

Fuente: (ROTRANS S.A., 2016)

Como consideraciones generales se tiene que la velocidad máxima de transporte según la tabla F del catálogo de rodillos de ROTRANS para granos y otros materiales de relativa fluidez y baja abrasión, con ancho de banda 380mm:  $3 \text{ m/s}$

Se toma como velocidad adecuado  $V_b = 1 \frac{m}{s}$ , a partir de lo cual se calcula la velocidad angular, teniendo en cuenta que el diámetro del tambor motriz es  $\phi_t = 63.5 \text{ mm}$ .

$$W_t = \frac{V_b}{r_t}$$

**Ec.3.47.**

$V_b$  Velocidad lineal de la banda [m/s]

$W_t$  Velocidad angular del tambor [rad/s]

$r_t$  Radio del tambor [m]

$$r_t = \frac{\phi_t}{2}$$

**Ec.3.48.**

Reemplazando los datos:

$$r_t = \frac{63.5 \text{ mm}}{2} = 31.75 \text{ mm} \approx 0.03175 \text{ m}$$

$$W_t = \frac{1 \frac{m}{s}}{0.03175 \text{ m}} = 31.49 \text{ rad/s}$$

Transformar a rpm:

$$W_t = 31.49 \text{ rad/s} * \frac{1 \text{ rev}}{2\pi \text{ rad}} * \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} = 300 \text{ rpm}$$

### 3.2.8.2.4. Potencia necesaria para mover la banda

Para determinar la potencia para mover la banda, es necesario calcular la fuerza tangencial que se desea superar, mediante la siguiente ecuación:

$$F_u = \mu_T * g * \left(m + \frac{m_B}{2}\right) + \mu_R * g * \left(\frac{m_B}{2} + m_B\right) [N]$$

**Ec.3.49.**

Donde:

$F_u$	Fuerza tangencial [N]
$\mu_T$	Coeficiente de fricción para marcha sobre mesa
$g$	Gravedad
$m$	Masa de todo el producto transportado en toda la longitud de la banda [Kg]
$m_B$	Masa de la banda
$\mu_R$	Coeficiente de fricción con el rodillo
$m_R$	Masa de todos los tambores excepto el tambor motriz

El coeficiente de fricción de la banda y la mesa de acero inoxidable esta estandarizado.

**Coefficiente de fricción entre la banda y el apoyo del deslizador (guías de desgaste),  $\mu_c$** 

Material de la banda	Condición	UHMW PE	HDPE	PA6, PA6,6	Lubricado PA	Acero inoxidable
Polipropileno (PP)	En seco	0,13	0,11	0,30	0,13	0,25
	en húmedo (agua)	0,11	0,10	-	-	0,20
Poliétileno (PE)	En seco	0,25	no	0,23	0,12	0,14
	en húmedo (agua)	0,25	recomendado	-	-	0,12
Polioximetileno POM (Acetal AC)	En seco	0,10	0,08	0,20	0,11	0,14
	en húmedo (agua)	0,10	0,08	-	-	0,12
Poliamida (PA)	En seco	0,14	0,14	-	0,13	0,19
Poliamida reforzada (PA +HT)	En seco	0,14	0,16	-	0,13	0,20
Material resistente a temperaturas super elevadas (ST)	En seco	0,20	0,21	*	0,12	0,23
	en húmedo (agua)	*	*	*	*	*
Polibutilentereftalato ignífugo (PBT +FR)	En seco	0,11	0,10	*	0,13	0,18
	en húmedo (agua)	*	*	*	*	*
Polipropileno ignífugo (PP +FR)	En seco	0,19	0,19	*	0,17	0,27
	en húmedo (agua)	*	*	*	*	*

**Figura 52.** Coeficiente de fricción entre la banda y la mesa

Fuente: (HabasitLINK®, 2005)

Según la figura 52 se determina que  $\mu_T = 0.20$

Anteriormente se determinó el peso del producto a transportar  $W_c = 1944.112N$ , de donde se despeja la masa del producto a transportar.

$$m_c = \frac{W_c}{g}$$

**Ec.3.50.**

$$m_c = \frac{1944.112N}{9.81 \text{ m/s}^2}$$

$$m_c = 198.20Kg$$

En la tabla 3.10 se tiene el peso de la banda:

$$W_{b/A} = 8 \text{ Kg/m}^2$$

Es necesario calcular el área total que ocupa la banda:

$$A_{Tbanda} = 0.38 * [2 * sección\ recta + 2 * arco\ del\ semicirculo]$$

**Ec.3.51.**

$$arco\ del\ semicirculo = \frac{2\pi * r_{rodillo} * ángulo}{360}$$

**Ec.3.52.**

$$A_{Tbanda} = 0.38m * \left[ 2 * sección\ recta + 2 * \left( \frac{2\pi * r_{rodillo} * ángulo}{360} \right) \right]$$

$$A_{Tbanda} = 0.38m * \left[ (2 * 1.8m + 2 * \left( \frac{2\pi * \frac{0.0635m}{2} * 180}{360} \right)) \right]$$

$$A_{Tbanda} = 1.38\ m^2$$

Ahora es necesario encontrar el peso total de la banda

$$W_b = W_{b/A} * A_{Tbanda}$$

**Ec.3.53.**

$$W_b = 8\ Kg/m^2 * 1.38\ m^2$$

$$W_b = 11kg$$

$$m_b = 11kg$$

Reemplazando todos los valores en la Ec.3.49 se tiene:

$$F_u = 0.2 * 9.81 * \left(198.20 + \frac{11}{2}\right) + 0.25 * 9.81 * \left(\frac{11}{2} + 5.75\right) [N]$$

$$F_u = 427.240N$$

Con la fuerza tangencial se aplica la fórmula de la potencia mecánica en el tambor motriz (SIEGLING TRANSILON, 2002).

$$P_A = \frac{F_U * V_b}{1000} [KW]$$

**Ec.3.54.**

$P_A$  Potencia mecánica en el tambor motriz [KW]

$F_U$  Fuerza tangencial en el tambor motriz [N]

$V_b$  Velocidad de la banda [m/s]

$$P_A = \frac{427.240N * 1m/s}{1000}$$

$$P_A = 0.4272 kW$$

### 3.2.8.2.5. Selección del motor reductor

El torque necesario se determina de la siguiente forma:

$$T_b = F_U * r_t [Nm]$$

**Ec.3.55.**

$$T_b = 427.240N * 0.03175m$$

$$T_b = 13.53Nm$$

Se requiere un motor reductor con un torque de 14Nm, una potencia de 0.42kW, y una velocidad angular de 300rpm.

**0,55kW**



**Motorreductores de sinfín  
UNIVERSAL  
4 polos 60Hz**



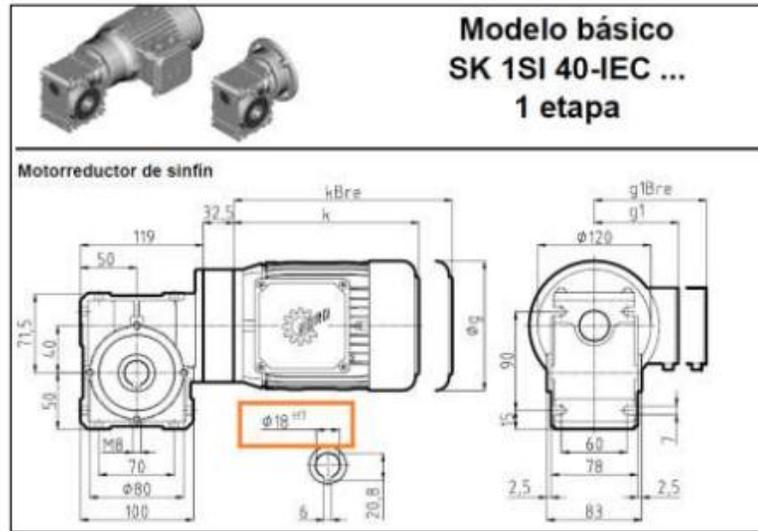
P <sub>1</sub> [kW]	n <sub>2</sub> [min <sup>-1</sup> ]	M <sub>2</sub> [Nm]	f <sub>B</sub>	i <sub>ges</sub>	i <sub>sch</sub>	i <sub>vor</sub>	F <sub>R</sub> [N]	F <sub>RF</sub> [N]	Modelo				Módulos del motorreductor																											
									Modelo		IEC 80 B14 C120	Motor 80S/4	alternativa: Motor con freno 80S/4 BRE5	62-69	62-69	73	74	74																						
<b>0,55</b>									<b>SK 1S1 40 – IEC80 - 80S/4</b>				<b>Números de pedido de los módulos</b>																											
334	14	2,7		5	5		2600	1840	60491050	60495030	33010020	33010046	60491080	*	*	*	60491100	*	*	*	60491130	*	*	*	60491150	*	*	*	60491200	*	*	*	60491250	*	*	*	60491300	*	*	*
223	20	2,2		7,5	7,5		2960	1840																																
167	26	1,6		10	10		3200	1830																																
134	31	1,3		12,5	12,5		3200	1830																																
111	35	1,4		15	15		3200	1820																																
84	45	1,0		20	20		3200	1810																																
67	53	0,8		25	25		3200	1790																																
56	57	0,9		30	30		3200	1790																																
									<b>SK 1S1 50 – IEC80 - 80S/4</b>				<b>Números de pedido de los módulos</b>																											
167	27	2,8		10	10		4800	3740	60591100	60495030	33010020	33010046	60591130	*	*	*	60591150	*	*	*	60591200	*	*	*	60591250	*	*	*	60591300	*	*	*	60591400	*	*	*	60591500	*	*	*
134	33	2,2		12,5	12,5		4800	3740																																
111	37	2,3		15	15		4800	3740																																
84	47	1,7		20	20		4800	3730																																
67	57	1,3		25	25		4800	3730																																
56	61	1,5		30	30		4800	3720																																
42	75	1,1		40	40		4800	3710																																
33	88	0,9		50	50		4800	3700																																

**Figura 53.** Modelo motor reductor banda transportadora

Fuente: (NORD, 2014)

### 3.2.8.2.6. Diseño tambor motriz

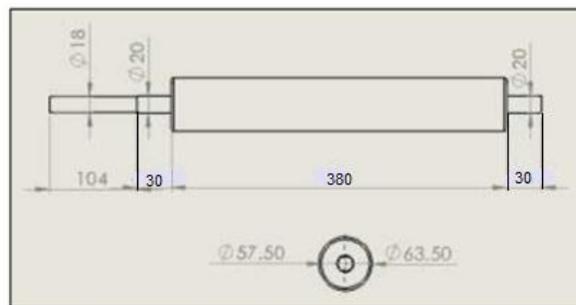
El diseño del tambor motriz es similar al rodillo de retorno exceptuando que los ejes coincidirán con la apertura del motor reductor y las chumaceras de soporte. Se toma como dato el reductor especificado en el catálogo de NORD ya que cumple con lo requerido.



**Figura 54.** Salida en el motor reductor

Fuente: (NORD, 2014)

Se necesita un eje de diámetro 18mm, a partir del cual se elige las chumaceras, que ayudarán a la rotación del rodillo. Según el catálogo NSK, se determina las dimensiones del tambor motriz, tomado en cuenta los 63.5mm del tambor.



**Figura 55.** Dimensiones tambor motriz para que se acople a las chumaceras y motor

Fuente: (Velastegui, 2015)

### 3.2.8.2.7. Holgura de la banda

Es la distancia que se encuentra a los costados de la banda transportadora para evitar que la materia a transportar sobresalga, se define por la siguiente fórmula:

$$c = 0.055(B + 0.9)$$

**Ec.3.56.**

Donde:

c      Holgura de la banda (in)

B      Ancho de banda(in)

$$c = 0.055(1.18 + 0.9)$$

$$c = 0.1144in \approx 2.90mm$$

### 3.2.8.3. Soportes laterales de la banda

Su objetivo es proporcionar rigidez y estabilidad, el material que se utiliza para su construcción es aleación de Aluminio 6063

### 3.2.9. Mecanismo de elevación de la canastilla

#### 3.2.9.1. Peso aproximado a levantar

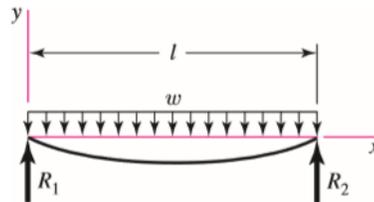
En la tabla 14 se estima el peso de los elementos que conforman el mecanismo de elevación:

**Tabla 14***Peso aproximado del mecanismo elevador*

Elemento	Masa (Kg)	Peso (N)
Canastilla	18.2	178.54
Placas de soporte	5.5	53.95
Carga producto	9.1	89.27
<b>Total</b>		<b>321.76</b>

**3.2.9.2. Diseño del eje**

El peso aproximado a levantar es 321.76N, como carga distribuida por todo el eje, la longitud establecida del eje es 800mm, a partir de los cual se procede a realizar el análisis como una carga uniforme con apoyos simples.

**Figura 56.** Apoyos simples: carga uniforme

Fuente: (Bubynas &amp; Nisbett, 2008)

$$w = 402.20N/m$$

$$R_A = R_B = \frac{wl}{2}$$

**Ec.3.57.**

$$R_A = R_B = \frac{\frac{402.20N}{m} * 0.8m}{2}$$

$$R_A = R_B = 160.88N$$

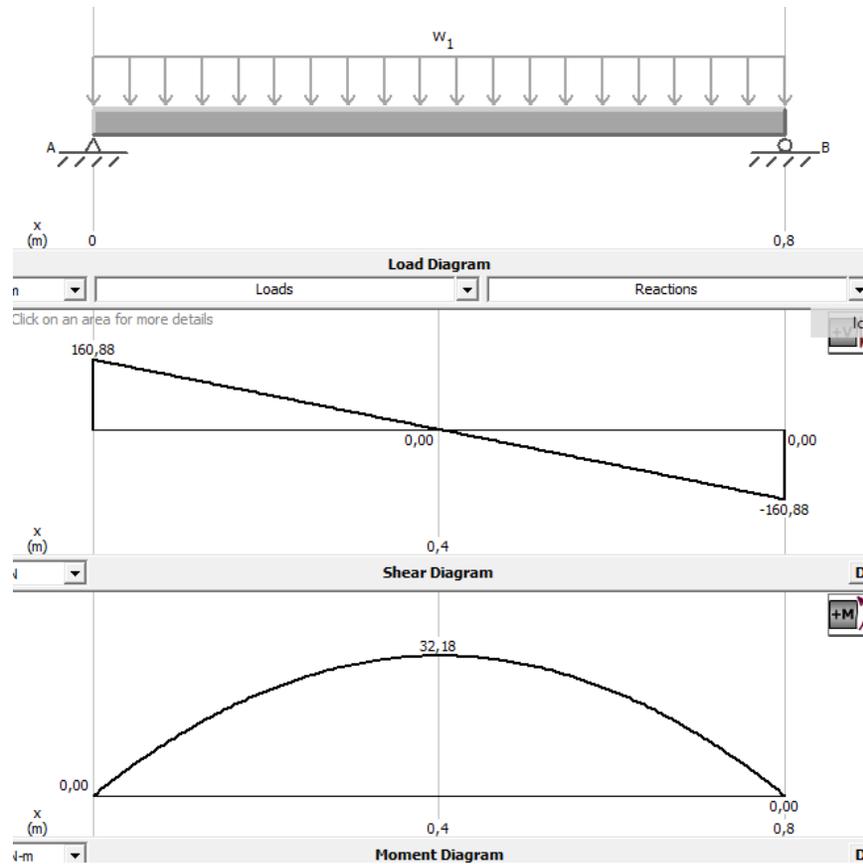
$$M = \frac{wx}{2}(l - x)$$

**Ec.3.58.**

$$M = \frac{\frac{402.20N}{m} * 0.4m}{2} (0.4m)$$

$$M = 32.17Nm$$

Mediante la ayuda del software MD Solid se comprobó la fuerza cortante y momento flexionante.



**Figura 57.** Diagramas fuerza cortante y momento flexionante

Con el momento máximo encontrado es posible realizar el cálculo para determinar el diámetro mínimo del eje para cargas estáticas:

$$d \geq \left( \frac{32 * N * M}{\pi * S_y} \right)^{1/3}$$

**Ec.3.59.**

Donde:

$d$  Diámetro del eje

$N$  Factor de seguridad =2 (Anexo F)

$S_y$  Resistencia a la fluencia del acero = 205 MPa (Anexo B)

$M$  Momento flexionante = 1.20Nm

$$d \geq \left( \frac{32 * 2 * 32.17Nm}{\pi * 205MPa} \right)^{1/3}$$

$$d \geq 14.72mm$$

Es adecuado elegir un diámetro mayor para evitar deformaciones, garantizando el correcto funcionamiento, por lo cual se elige un diámetro de 1 pulg = 0.0254m por facilidad de disponibilidad en el mercado.

### 3.2.9.2.1. Calculo de la potencia

Es importante tener en cuenta los siguientes datos:

$$r_{canastilla} = 400mm$$

$$F_{requerida\ canastilla} = 160.88N$$

$$T = F_{requerida\ canastilla} * r_{canastilla}$$

**Ec.3.60.**

$$T = 160.88N * 0.4m$$

$$T = 64.352Nm$$

La potencia requerida está dada por la siguiente ecuación:

$$P = Tx\omega$$

**Ec.3.61.**

$$\omega = 30\ rpm\ dato\ establecido\ previamente$$

$$30\ rpm \rightarrow 30 \frac{rev}{min} * \frac{2\pi rad}{1\ rev} * \frac{1\ min}{60s} = 3.1415 \frac{rad}{s}$$

$$P = 64.352Nm * 3.1415 \frac{rad}{s}$$

$$P = 202.17W$$

### 3.2.9.2.2. Diseño por flexión

$$\sigma_{flexión} = \frac{Mmax}{S}$$

**Ec.3.62.**

Donde:

$\sigma_{x\text{flexión}}$  Esfuerzo por flexión

$M_{max}$  Momento máximo

$S$  Módulo de resistencia

$S$  para una sección circular solida se da por la siguiente fórmula:

$$S = \frac{\pi D^3}{32}$$

**Ec.3.62.**

Donde:

$D$  Diámetro del eje

$$D = 0.0254m$$

Reemplazando datos en la Ec. 3.15 se tiene:

$$S = \frac{\pi(0.0254m)^3}{32}$$

$$S = 1.60 \times 10^{-6} [m^3]$$

Considerando  $M_{max} = 32.17Nm$

$$\sigma_{x\text{flexión}} = \frac{32.17 Nm}{1.60 \times 10^{-6} m^3}$$

$$\sigma_{x\text{flexión}} = 19.95MPa$$

### 3.2.9.2.3. Diseño por torsión

El eje está sometido a torque, es necesario calcular el esfuerzo por torsión

$$\tau_{torsión} = \frac{16T}{\pi D^3}$$

**Ec.3.63.**

Donde:

$\tau_{torsión}$       Esfuerzo por torsión

$T$                 Momento torsionante

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

**Ec.3.64.**

Donde:

$P$                 Potencia  $W$

$n$                 Velocidad angular  $\frac{rad}{s}$

$T$                 Momento torsionante

Considerando que se usará un motor con una potencia de  $210W$  y a una velocidad de 30rpm.

$$T = \frac{210W}{30 \frac{rev}{min} \times \frac{2\pi}{1 rev} \times \frac{1 min}{60s}} = 66.84 Nm$$

Reemplazando:

$$\tau_{torsión} = \frac{16T}{\pi D^3}$$

$$\tau_{torsión} = \frac{16 * 66.84Nm}{\pi(0.0254)^3}$$

$$\tau_{torsión} = 20.77MPa$$

#### 3.2.9.2.4. Diseño por cortante debido a la flexión

La siguiente ecuación describe el esfuerzo por corte:

$$\tau_{corte} = \frac{2V}{A}$$

**Ec.3.65.**

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

**Ec.3.66.**

$$A = \frac{\pi(0.0254^2)m^2}{4}$$

$$A = 5.067 \times 10^{-4} m^2$$

*Fuerza cortante*

$$V = \frac{wl}{2} - wx$$

**Ec.3.67.**

$$V = \frac{\frac{402.20N}{m} * 0.8m}{2} - \frac{402.20N}{m} * 0.8$$

$$W = -160.88N$$

$$\tau_{corte} = \frac{2 * 160.88N}{5.067 * 10^{-4} m^2} = 0.635 MPa$$

$$\tau_{xy} = \tau_{torsion} + \tau_{corte}$$

**Ec.3.68.**

$$\tau_{xy} = 20.77 MPa + 0.635 MPa$$

$$\tau_{xy} = 21.40 MPa$$

### 3.2.9.2.5. Esfuerzos combinados

Esfuerzo Principal Máximo:

$$\sigma_1 = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_x + \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}$$

**Ec.3.69.**

$$\sigma_y = 0 Pa$$

$$\sigma_x = 19.95 MPa$$

$$\sigma_1 = \frac{19.95}{2} + \sqrt{\left(\frac{19.95}{2}\right)^2 + 21.40^2}$$

$$\sigma_1 = 33.58 \text{ MPa}$$

Esfuerzo Principal mínimo

$$\sigma_2 = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} - \sqrt{\left(\frac{\sigma_x + \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}$$

**Ec.3.70.**

$$\sigma_2 = \frac{19.95}{2} - \sqrt{\left(\frac{19.95}{2}\right)^2 + 21.40^2}$$

$$\sigma_2 = -5.66 \text{ MPa}$$

Esfuerzo Cortante Máximo

$$\tau_{max} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_x + \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}$$

$$\tau_{max} = \sqrt{\left(\frac{19.95}{2}\right)^2 + 21.40^2}$$

$$\tau_{max} = 23.61 \text{ MPa}$$

Aplicando la Teoría de Von Mises:

$$\sigma = \sqrt{\sigma_1^2 - \sigma_1\sigma_2 + \sigma_2^2}$$

**Ec.3.71.**

$$\sigma = \sqrt{(33.58)^2 - (33.58)(-5.66) + (-5.66)^2}$$

$$\sigma = 35.85MPa$$

$$\sigma \leq S_y$$

**Ec.3.72.**

El factor a la fluencia  $S_y$  para el Acero AISI 304 es 276 MPa, que se encuentra en el Anexo B

$$35.85MPa \leq 276MPa$$

Se cumple la condición de la Ec.3.24. en donde se demuestra que no existirá falla en el material

**3.2.9.2.6. Deflexión máxima**

Se calcula la deformación máxima:

$$y_{m\acute{a}x} = -\frac{5wl^4}{384EI}$$

**Ec.3.75.**

Donde:

$y_{m\acute{a}x}$  Deflexión máxima en el eje

$E$  Módulo de elasticidad del Acero = 200Gpa (Anexo B)

$I$  Momento de inercia de la sección circular del eje

$$I = \frac{\pi x d^4}{64}$$

**Ec.3.76.**

$$I = \frac{\pi x (0.0254m)^4}{64}$$

$$I = 2.043 \times 10^{-8} m^4$$

$$y_{m\acute{a}x} = - \frac{5 * \frac{402.20N}{m} * (0.8m)^4}{384 * 200GPa * 2.043 \times 10^{-8} m^4}$$

$$y_{m\acute{a}x} = -5.249 \times 10^{-4} m$$

$$y_{m\acute{a}x} = -0.54mm$$

### 3.2.10. Mesa de trabajo de la freidora

En la etapa final es preciso una mesa de trabajo, en este caso se ha visto necesario una mesa tipo contenedor en donde será colocado el producto final para su respectivo escurrido de exceso de aceite. Est dimensionada directamente proporcional a la freidora puesto que la canastilla debe encajar con holgura en el momento de descargo del producto.

Por lo tanto, el volumen del contenedor de la mesa es:

$$ancho \rightarrow 496mm$$

$$largo \rightarrow 1096mm$$

$$ancho \rightarrow 96mm$$

$$V = l * a * h$$

**Ec.3.77.**

$$V = 1096mm * 96mm * 496mm$$

$$V = 52187136mm^3$$



**Figura 58.** Mesa de trabajo freidora.

### 3.3. Diseño de accionamiento de apertura de puertas

- **Peladora**

Para la selección del pistón neumático del mecanismo de apertura y cierre de la puerta, es necesario conocer la fuerza para contraer la compuerta, por lo tanto, se debe considerar el peso de dicha puerta.

La posición del cilindro neumático es inclinada, debido a que está ubicado frente a la compuerta, con el fin de elevarla frontalmente hasta un ángulo en donde las papas puedan salir libremente de ella.

El peso de la compuerta de la peladora está dado por la siguiente ecuación:

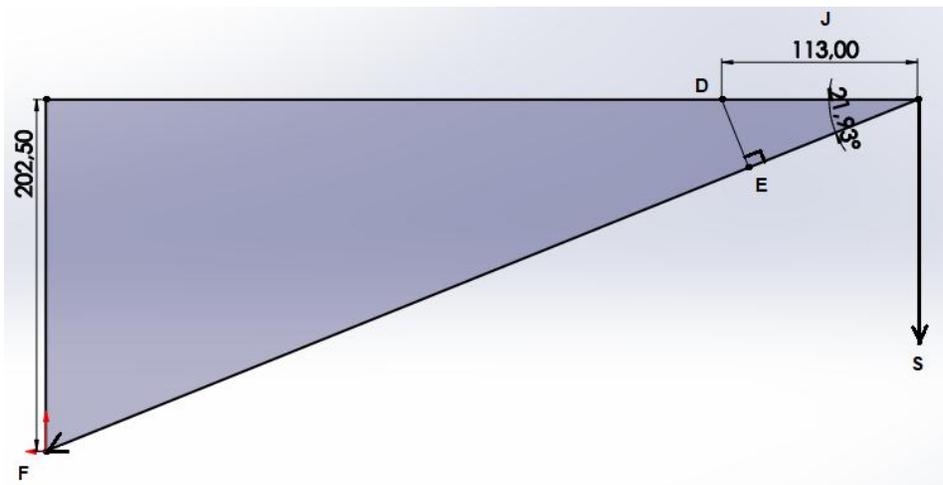
$$m = 3.2 \text{ kg}$$

$$S = m * g$$

**Ec.3.78.**

$$S = 3.2 \text{ kg} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$S = 31.39 \text{ N}$$



**Figura 59.** Diagrama de desplazamiento

Las medidas que muestra la anterior figura, fueron tomadas del software SolidWorks, con lo que se dispone a calcular el cilindro neumático.

Donde:

J      Distancia al centro de gravedad de la puerta

F      Fuerza requerida para accionar la puerta

m	Masa de la puerta
g	Gravedad
S	Peso total

$$\sin \theta = \frac{202.5}{542} = 21.93^\circ$$

**Ec.3.78.**

$$\sin \theta = \frac{E}{104.8}$$

$$\sin 21.93^\circ = \frac{E}{104.8}$$

$$E = 39.14mm$$

El análisis se realiza en el punto de esfuerzo máximo:

$$M_1 = M_2$$

$$S * J = E * F$$

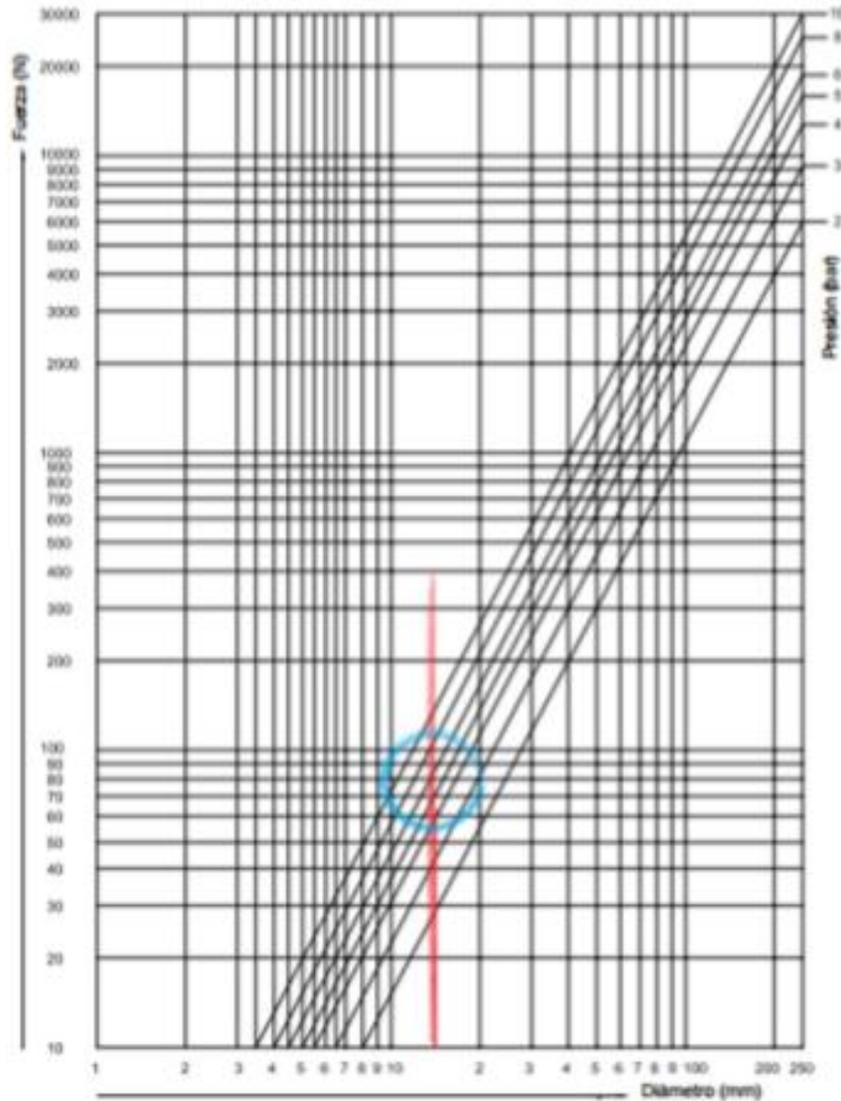
**Ec.3.78.**

$$F = \frac{S * J}{E}$$

$$F = \frac{31.39N * 113mm}{39.14mm}$$

$$F = 90.48N$$

A partir del valor de la fuerza, se elige el diámetro de acuerdo con el siguiente gráfico de selección.



**Figura 60.** Fuerza vs Diámetro para un cilindro neumático

Fuente: (Microautomación, 2015)

Por disponibilidad en el mercado se utilizará un cilindro de diámetro 16mm con una longitud de carrera 150mm, se elige un cilindro que posee una fuerza de  $F=100\text{N}$  con las siguientes características:



**Figura 61.** Cilindro neumático

*Fuente:* (Mindman, 2015)

- **Cortadora**

El cilindro neumático de la cortadora, está acoplado mediante una platina en el extremo del vástago, para que esté al ejercer una fuerza la papa sea empujada y por lo tanto cortada, inicialmente se encontrará contraído, cuando el sensor detecte la presencia de una papa, este enviará una señal eléctrica a la electroválvula 5/2, la que activará la posición del cilindro. Para seleccionar este pistón se realizaron pruebas, en donde se utilizaron cilindros de diferente diámetro, en donde se observó cuál de ellos cortaba la papa sin dificultad.

**Tabla 15**

*Especificaciones para el cilindro neumático*

<b>Datos Técnicos</b>	
Diámetro	16 mm
Carrera	150mm
Medio	Aire
Presión	0.7 MPa
Rango velocidad	50-500 mm/seg

*Fuente:* (Mindman, 2015)

### 3.3.1. Accesorios

Los accesorios o acoples se encuentran en función a los diámetros de entrada de la electroválvula y a la entrada de aire en el compresor.

**Tabla 16**

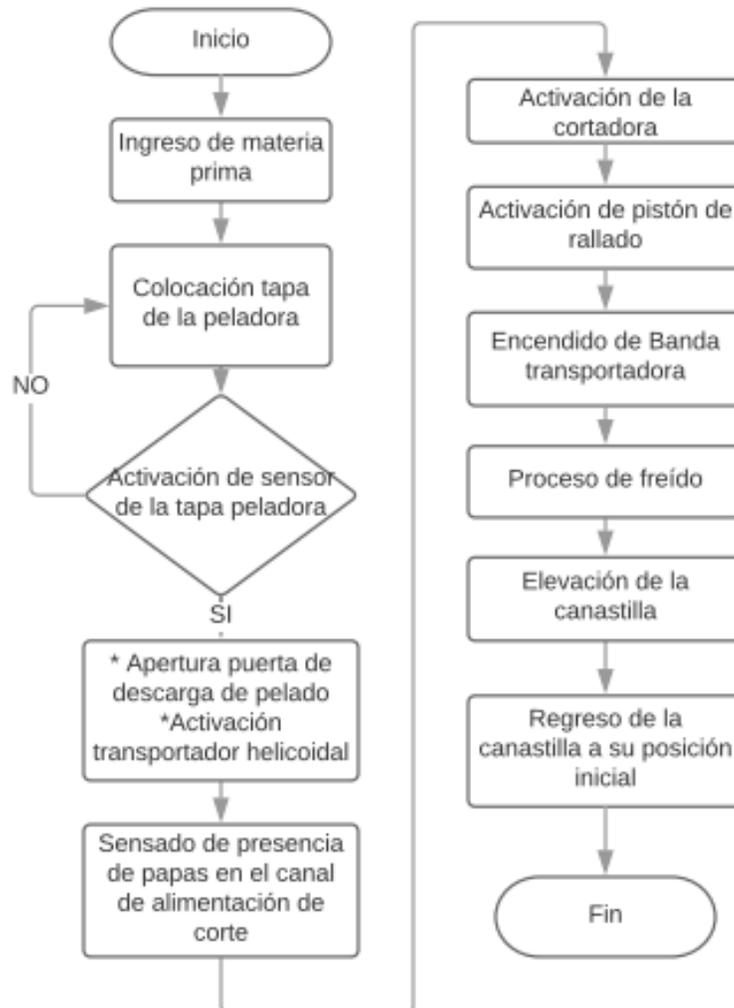
*Dimensiones de accesorios neumáticos a utilizar*

<b>Elementos</b>	<b>Cantidad</b>
Conector recto 4mmx1/4 pulg	3
Regulador de velocidad 4 mm x 1/8 pulg	1
Manguera de poliuretano 4mm	5m

### 3.4. Selección de componentes eléctricos, electrónicos y de control

Es fundamental la selección adecuada de los componentes eléctrico/electrónicos en el proceso de automatización tomando en cuenta los parámetros técnicos, económicos y de existencia en el mercado.

#### 3.4.1. Diagrama de flujo sistema automático



**Figura 62.** Diagrama de flujo automático

El proceso inicia en el ingreso de la materia prima (MP) a la peladora después de la activación del primer sensor de contacto se cierra la puerta de la peladora mediante la activación de la electroválvula del pistón (P1), después de 3 minutos esta puerta se abre y el producto cae a la tolva de descarga, hacia el transportador helicoidal, el mismo que dosifica la entrada de las papas a la cortadora, una vez sensada la papa en el canal de corte, el pistón (P2) se activa y ralla la papa, las cuales caen a una

tolva de lavado en donde está inmersa la banda transportadora elevadora, la cual saca del agua a las papas ya lavadas y las deposita en la freidora.

### 3.4.2. Selección de motores

#### 3.4.2.1. Motor transportador helicoidal

Para el transportador helicoidal se dimensionó lo siguiente:

**Tabla 17**

*Dimensionamiento del motor para el transportador helicoidal*

<b>Torque</b>	<b>47.74Nm</b>
Potencia	100W
Velocidad	20rpm

Tomando en cuenta las características anteriores se adecuó un motor reductor de propiedad propia, que cuenta con las siguientes características:

**Tabla 18**

*Características del motor elegido para el transportador helicoidal*

<b>Datos Técnicos</b>	
Potencia	200 W
Frecuencia	60 Hz
Corriente nominal	8.8 A
Torque	50 Nm
Voltaje de alimentación	110 V
Corriente nominal	5.6 A

### 3.4.2.2. Motor banda transportadora

**Tabla 19**

*Dimensionamiento Banda transportadora*

Torque	14 Nm
Potencia	0.42 KW
Velocidad	300 rpm

Tomando en cuenta las características anteriores se seleccionó un motor reductor marca Etom, con las siguientes especificaciones:



**Figura 63.** Motor Etom

Fuente: (LAZADA, 2017)

**Tabla 20**

*Características del motor elegido*

<b>Datos Técnicos</b>	
Frecuencia	60 Hz
Corriente nominal	12.1A
Velocidad	200 rpm
Voltaje de alimentación	110 V

Fuente: (LAZADA, 2017)

### 3.4.2.3. Motor canastilla de la freidora

**Tabla 21**

*Dimensionamiento motor freidora*

Torque	65 Nm
Potencia	210W
Velocidad	30 rpm

Tomando en cuenta las características anteriores se seleccionó un motor marca WEG con las siguientes especificaciones:



**Figura 64.** Motor WEG 0.5 HP

Fuente: (GRAINGER, 2018)

**Tabla 22**

*Características del motor elegido*

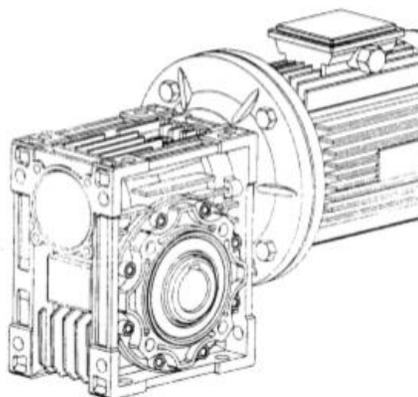
Datos Técnicos	
Frecuencia	60 Hz
Velocidad	1700 rpm

CONTINÚA 

Número de polos	4
Voltaje de alimentación	110/220 V
Corriente nominal	10.2A
Clase de aislamiento	F
Factor de servicio	1.15

Fuente: (GRAINGER, 2018)

A este motor se acoplará un reductor tomando en cuenta la potencia del motor, el torque, la relación de trabajo y velocidad de salida calculada.



**Figura 65.** Motor reductor

Fuente: (GRAINGER, 2018)

### Tabla 23

#### *Características del reductor*

Datos Técnicos	
Tipo	Sin fin
Torque	80Nm
Relación de reducción	60:1

Fuente: (GRAINGER, 2018)

### 3.4.3. Dimensionamiento de electroválvulas

El control del aire comprimido se realiza con válvulas 5/2 con bobinas de 24 V para activación, se activará mediante una señal del controlador a través de una salida de relé, se usarán tres solenoides para cilindros neumáticos de doble efecto

**Tabla 24**

*Especificaciones técnicas*

Especificaciones Generales	
Modelo	3V310-10
Fluido	Aire
Tipo	5/2
Lubricación	-
Voltaje	110 V
Tiempo de activación	0.05 seg o menos
Frecuencia máxima	5 ciclos/segundos

Fuente: (Galárraga Cruz & Guillén Moya, 2016)



**Figura 66.** Electroválvula 5/2

Fuente: (Airtac, 2015)

### 3.4.4. Selección de sensores

### Alternativa 1: Sensor Capacitivo

Su función principal consiste en detectar un cambio de señal según la variación del estímulo de un campo eléctrico, estos sensores detectan objetos metálicos y no metálicos, mediante la medición de la capacitancia, la misma que depende de la constante dieléctrica del material a detectar, su masa, tamaño y distancia hasta la superficie sensible. Sensa papel, plástico, madera, son altamente versátiles, variedad de superficie y tipo de elementos irregulares, insensible a la suciedad, difícil adquisición, costo elevado.

### Alternativa 2: Sensor Ultrasónico

Se utilizan para realizar las tareas más complejas con detección de objetos y mediciones de nivel con una precisión milimétrica, su medición es fiable, fácil montaje, insensibilidad a la suciedad, difícil adquisición, susceptible al ruido.

#### 3.4.4.1. Criterios de selección del sensor

**Tabla 25**

*Criterios de selección de la máquina peladora*

Criterios de selección	Conceptos (Alternativas de diseño)	
	Alternativa 1	Alternativa 2
Versatilidad	+	+

**CONTINÚA** 

---

Costos	+	-
Confiabilidad	+	-
Disponibilidad	+	-
Instalación	+	+
Suma +	5	2
Suma 0	0	0
Suma -	0	3
Evaluación neta	5	-1

---

Los resultados de la tabla anterior, muestra que la alternativa 1 cumple de mejor manera con los criterios requeridos para la selección de sensores a utilizarse en la etapa de corte debido a su alta versatilidad, bajos costos, confiabilidad en el sensado y disponibilidad en el mercado.

#### **3.4.5. Selección del controlador**

Para el control automático del proceso se seleccionó un controlador lógico programable, se plantean las siguientes condiciones:

- La cantidad de entradas y salidas requeridas y la posibilidad de expansión.
- El tipo de entradas y salidas
- Requerimiento de fuente de alimentación para entradas y salidas.
- Capacidad de memoria
- Velocidad y capacidad del PLC
- Interfaz mediante página web para visualizar en Smartphone, tabletas o PC

Al disponer de un PLC LOGO! V8.2 6ED1052-1MDO8-0BA0, versión con display, con características similares a las requeridas en el proceso, se decidió utilizar dicho PLC, debido a lo siguiente:

- El proceso requiere 10 salidas y 4 entradas, con la implementación de dos módulos de expansión se puede realizar el proceso de automatización.
- Expansión sencilla gracias a los módulos de ampliación de la misma familia digitales y análogos.
- Software amigable, Logo! Soft Comfort es de fácil manejo
- Posee Logo! Web Editor, un editor gráfico web que permite definir y diseñar páginas web para dispositivos inteligentes.

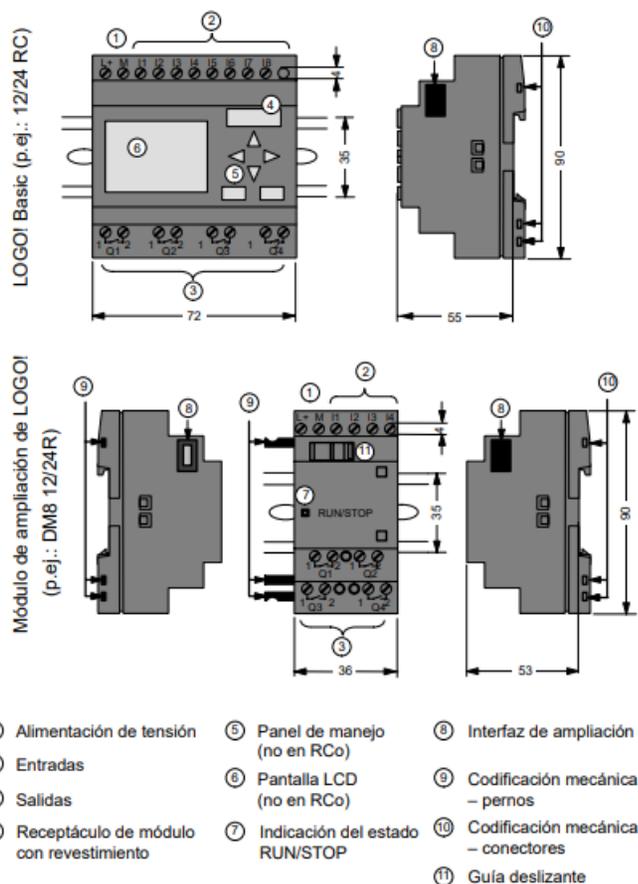


**Figura 67.** Controlador Lógico Programable

Fuente: (SIEMENS, Manual LOGO! 6ED1052-1MDO8-0BA0, 2003)

### 3.4.5.1. Estructura

LOGO! Basic 12/24 RC. Versión de 12-24V, con salidas de relé y temporizador semanal integrado posee la siguiente estructura:



**Figura 68.** LOGO! Basic 12/24 RC

Fuente: (SIEMENS, Manual LOGO! 6ED1052-1MDO8-0BA0, 2003)

### 3.4.5.2. Fuente de alimentación

Se utiliza la fuente propia de Logo!, debido a que el PLC se alimenta con 24V y los módulos de expansión de igual forma. Es necesario colocar dispositivos de protección para suprimir picos de tensión en las líneas.

**Tabla 26***Datos técnicos de la fuente de alimentación*


---

<b>Marca</b>	<b>Siemens</b>
Tensión de entrada	100-120V
Tensión de salida	24V
Frecuencia	60Hz
Corriente Máxima	3.0A

---

**3.4.5.3. Módulo de expansión**

Debido a la cantidad de salidas necesarias para el proceso es necesaria la utilización de dos módulos de ampliación, LOGO! DM 8 12/24VCC con 4 entradas digitales y 4 relés de 5 A.

**Tabla 27***Datos técnicos del módulo de expansión*


---

<b>Marca</b>	<b>Siemens</b>
Tensión de entrada	24V
Número de entradas	4
Frecuencia	60Hz
Corriente Máxima	3.0A

---

#### 3.4.5.4. Logo Web Editor

Realiza automatizaciones en instalaciones de edificios, armarios de control, máquinas o aparatos de forma individual y fácil a través de la web (Mecánica moderna, 2018), de esta manera se puede realizar el interfaz tomando como entorno una foto del proceso real, en donde se pueden colocar sensores visuales o gif de las entradas y salidas, posteriormente mediante un teléfono, Tablet o PC, es posible cambiar el sistema de calefacción, alarma, temperatura o proceso que deba controlarse.

Este servidor es fácil de usar y no es necesario tener conocimientos previos, lo que permite utilizar gráficos exportados, mensajes de texto auto configurables y estos pueden ser parte de una biblioteca personalizada.



**Figura 69.** Portada LOGO! Web Editor V1.0

Fuente: LOGO! Web Editor

### 3.5. Cálculo y selección de los elementos de protección

Para el sistema semi automatizado de frituras de papa es importante dimensionar los elementos de protección y maniobra, debido a su importancia para el

funcionamiento adecuado del sistema, procurando un control adecuado y salvaguardando el bienestar del operador y equipos.

### **3.5.1. Dimensionamiento de los elementos de protección del sistema de potencia**

#### **3.5.1.1. Dimensionamiento de contactores**

Se seleccionan dependiendo de la potencia del motor a usar, es aconsejable un sobredimensionamiento de 10% como se ve en la siguiente ecuación:

$$P_{contactor} = 1.10P_{nmotor}$$

**Ec.3.78.**

También es importante tener en cuenta:

- Voltaje nominal
- Intensidad nominal del motor
- Tipo de accionamiento
- Categoría de utilización establecido por la norma IEC
- Frecuencia
- Voltaje
- Clase de servicio
- Voltaje de la bobina
- Número de contactos auxiliares

Se debe dimensionar 5 contactores, para las diferentes máquinas:

$$P_{\text{contactor peladora}} = 1.10 * 0.75KW$$

$$P_{\text{contactor peladora}} = 0.83KW$$

$$P_{\text{contactor th}} = 1.10 * 0.477KW$$

$$P_{\text{contactor th}} = 0.52KW$$

$$P_{\text{contactor cortadora}} = 1.10 * 0.375KW$$

$$P_{\text{contactor cortadora}} = 0.412KW$$

$$P_{\text{contactor bt}} = 1.10 * 0.42KW$$

$$P_{\text{contactorbt}} = 0.462KW$$

$$P_{\text{contactor freidora}} = 1.10 * 0.202KW$$

$$P_{\text{contactor freidora}} = 0.222KW$$

### Tabla 28

#### *Potencia del motor de las máquinas*

Transportador Helicoidal	<b>0.52KW</b>
Cortadora	0.412KW
Banda transportadora	0.462KW
Freidora	0.222KW

### 3.5.1.2. Dimensionamiento del relé térmico

Para el dimensionamiento de un relé térmico se multiplica la corriente nominal o a plena carga por 1.25 para motores menores a 1HP (Galárraga Cruz & Guillén Moya, 2016).

$$I_r = I_n * 1.25 [A]$$

**Ec.3.78.**

Donde:

$I_r$  Corriente nominal del relé térmico

$I_n$  Corriente nominal del motor

$$I_{r\text{ peladora}} = 13.5 A * 1.25$$

$$I_{r\text{ peladora}} = 16.7A$$

$$I_{r\text{ th}} = 5.6 A * 1.25$$

$$I_{r\text{ th}} = 7A$$

$$I_{r\text{ cortadora}} = 10.2 A * 1.25$$

$$I_{r\text{ cortadora}} = 12.8A$$

$$I_{r\text{ bt}} = 12.1 A * 1.25$$

$$I_{r\text{ bt}} = 15.2A$$

$$I_{r\text{ freidora}} = 10.2 A * 1.25$$

$$I_r \text{ freidora} = 12.8A$$

**Tabla 29**

*Corrientes para relés térmicos*

Peladora	16.7A
Transportador Helicoidal	7A
Cortadora	12.8A
Banda transportadora	15.2A
Freidora	12.8A

### 3.5.2. Dimensionamiento de los elementos de protección del sistema de control

El dimensionamiento de los elementos de protección se guiará según Nacional Electric (CODE, 2014).

**Tabla 30**

*Datos motor peladora*

Potencia	1 HP -0.75KW
Corriente nominal	13.5 A

**Tabla 31**

*Datos del motor de la cortadora*

Voltaje	110 V/220 V
Potencia	0.5 HP-0.375KW
Corriente nominal	10.2 A

### 3.5.2.1. Interruptor electromagnético

Para dimensionar este interruptor principal, deben sumarse las corrientes a plena carga y el motor más grande se lo multiplica por 1.25 (Galárraga Cruz & Guillén Moya, 2016).

$$I_t = I_{peladora} + I_{cortadora} + I_{transp} + I_{banda} + I_{freidora}$$

**Ec.3.78.**

$$I_t = 13.5A * 1.25 + 10.2A + 5.6A + 12.1A + 10.2A$$

$$I_t = 55A$$

Se utilizará un interruptor electromagnético comercial de 60<sup>a</sup>



**Figura 70.** Interruptor electromagnético

Fuente: (Galárraga Cruz & Guillén Moya, 2016)

**Tabla 32**

*Especificaciones técnicas*

Especificaciones Generales	
Protección	Sobrecarga y corto circuito
Corriente	20

**CONTINÚA** 

---

Curva	BDC
Números de polos	2
Montaje	DIN

---

Fuente: (Galárraga Cruz & Guillén Moya, 2016)

### **3.6. Diseño del sistema de control**

#### **3.6.1. Modos de funcionamiento del sistema**

Debido a la robustez del proceso se realizan tres modos de funcionamiento, tomando en cuenta que se lo puede usar para procesos diferentes a la fritura de papas.

##### **3.6.1.1. Modo de pruebas**

Este modo marca el inicio de la utilización del sistema, en el cual se prueba cada una de las máquinas de las diferentes etapas, si alguna de ellas no se desarrolla de forma normal, se activará la alarma correspondiente.

##### **3.6.1.2. Modo manual**

El modo manual permite que el sistema tenga versatilidad en su aplicación, ya que admite la utilización de las etapas individualmente.

##### **3.6.1.3. Modo automático**

Este modo es exclusivamente para frituras de papa, tomando tiempos de cada proceso, este iniciará con el prendido consecutivo de las máquinas a partir de la activación del sensor de contacto de la peladora y terminará con la extracción del producto final de la etapa de freído.

## CAPÍTULO IV

### CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DEL SISTEMA

#### 4.1. Adquisición de la Maquinaria

##### 4.1.1. Peladora

Se adquirió una peladora con capacidad de 25 lb que realiza el proceso de pelado en aproximadamente 3 minutos, disco desmontable para fácil limpieza, motor de  $\frac{1}{2}$  HP y desfogue lateral de desperdicios.



**Figura 71.** Peladora de papas

##### 4.1.2. Cortadora

La elección de la cortadora o rebanadora de papas se basó en la disponibilidad del mercado ecuatoriano y en la región. En la sierra son más comercializadas las peladoras con eje horizontal y cuchilla rotatoria que funciona de manera manual por

medio de un sistema tapa-mango con una cuchilla acoplada a un disco vertical, que gira mediante un eje que rota al igual que la peladora, gracias al sistema polea-motor (Vilca Guachamín & Meneses Pillajo, 2014). El grosor de la papa rebanada se controla a través de la presión ejercida en la tapa.



**Figura 72.** Rebanadora de papas

#### **4.1.3. Freidora**

La freidora que se adquirió no está disponible en el mercado nacional por lo cual fue necesario fabricarla bajo pedido con las siguientes especificaciones: su estructura está formada por un pozo rectangular con capacidad de 40 litros de aceite dentro de la cual va instalado un sistema de quemadores encapsulados, prendido con llama piloto y una canastilla volcarle para retirar el producto terminado, elaborada en acero inoxidable 304 para alimentos.



**Figura 73.** Freidora de papas

## **4.2. Construcción de la tolva de la etapa de pelado**

Los planos propuestos en el Anexo G, muestran las dimensiones de la tolva, que fue construida en acero inoxidable AISI 304, inicialmente se rayó las dimensiones en la plancha de acero, se cortó y dobló según el diseño después se punteo y soldó en las caras de unión y se pulió para evitar accidentes.



**Figura 74.** Tolva de papas

## **4.3. Construcción de los sistemas mecánicos de transporte**

### **4.3.1. Transportador helicoidal**

El transportador fue construido totalmente en acero 304, como se describió en la selección de material, para ello se siguió una serie de pasos en donde es fundamental el diseño y selección de materiales.

#### **4.3.1.1. Canalón**

Se construyó de acuerdo a los planos mecánicos detallados en el Anexo G, en donde se inicia por el rayado de la plancha de acero, según las dimensiones

diseñadas, posteriormente se corta y se bartola dándole la forma de canal, cada lado se dobla nuevamente formando la ceja del canal.



**Figura 75.** Canalón

#### 4.3.1.2. Hélice

Para la fabricación de la hélice se usó acero inoxidable AISI 304-2B de 2mm de espesor, se tomó en cuenta el plano del anexo G, en donde como se mencionó anteriormente en el diseño, la hélice se realiza por partes trazando inicialmente circunferencias del radio diseñado, cortar y tornearse el diámetro exterior, cortar una sección recta en la rodela, estirla para formar la hélice mediante la unión de varias de ellas.



**Figura 76.** Hélice

#### 4.3.1.3. Tornillo sinfín

El tornillo sinfín se realiza utilizando el tubo redondo de Acero inoxidable de diámetro 2" y un espesor de 2mm, una vez cortado según las medidas especificadas en el diseño, se coloca la hélice y se puntea las rodelas al tubo para posteriormente soldarlas, encamisar los ejes a los extremos y pulir aristas.



**Figura 77.** Tornillo sin fin

#### 4.3.1.4. Tapas laterales

Trazado de dimensiones consideradas en el anexo G, corte de la plancha, taladrado de agujeros para la colocación del sistema motriz, torneado vaciado interior y pulido de aristas.



**Figura 78.** Tapas laterales

#### 4.3.1.5. Ensamble de componentes

Se soldaron las tapas laterales al canalón, en las tapas se colocaron chaveteras en donde se ubican los rodamientos para el eje, posteriormente se colocó el tornillo sinfín dentro y se ubicó los ejes en los rodamientos.



**Figura 79.** Sistema motriz



**Figura 80.** Transportador helicoidal

## 4.3.2. Banda Transportadora

### 4.3.2.1. Tolva de lavado

Según los planos del diseño se construyó la tolva en acero inoxidable AISI 304, en donde simula la forma de una pirámide partida a la mitad, se cortó, dobló y soldó según lo requerido.



**Figura 81.** Tolva de banda elevadora

### 4.3.2.2. Rodillos, tambor matriz y conducido

Los rodillos están realizados en tubo de acero inoxidable de 50 mm con cejas cuadradas de 7 mm, las cuales sirven como guía para el enganche de la banda.



**Figura 82.** Banda transportadora

#### 4.4. Mesa freidora

Se diseña una mesa de trabajo para la salida del producto final, el cual necesita deshacerse del exceso de aceite, lo que hace necesario la implementación de una bandeja debajo de la malla de la mesa, por lo tanto, es fabricada totalmente en acero inoxidable AISI 304, por su contacto directo con el producto final.



**Figura 83.** Mesa de escurrido

#### 4.5. Construcción de estructuras de soporte de las diferentes etapas

Es importante colocar cada máquina a la altura establecida para que el proceso se realice de manera consecutiva, se utilizó tubo cuadrado de acero inoxidable AISI 304 de 20x20mm, mediante los planos realizados se corta y se suelda de manera correcta con soldadura TIG.



**Figura 84.** Estructura soporte peladora

#### **4.6. Colocación de motores, mecanismos de apertura y rallado**

Se colocaron 2 motores monofásicos en un solo sentido, en el transportador helicoidal y en la banda transportadora y 1 motor con inversión de giro en la freidora.

El mecanismo de apertura se colocó en la puerta de la peladora mediante un cilindro neumático, el mecanismo de rallado consta de dos cilindros neumáticos los cuales actúan de manera consecutiva.

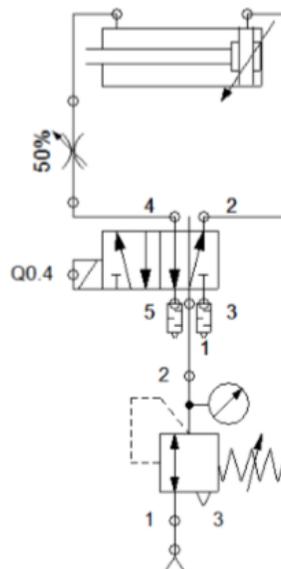


**Figura 85.** Colocación del motor de la Banda transportadora



**Figura 86.** Colocación del pistón de apertura y cierre de la puerta de la peladora

Para la apertura de la puerta de la peladora, se utiliza un sistema neumático que se observa a continuación.



**Figura 87.** Diagrama neumático

En donde se observan los siguientes elementos:

- Cilindro de doble efecto
- Válvula estranguladora

- Electroválvula de 5/2 vías
- Válvula reguladora de presión con manómetro
- Fuente de aire

#### **4.7. Montaje de etapas**

Se realizó la unión de todas las etapas para la colocación de puntos de suelda como unión entre estructuras para evitar la vibración durante el funcionamiento.



**Figura 88.** Proceso mecánico completo

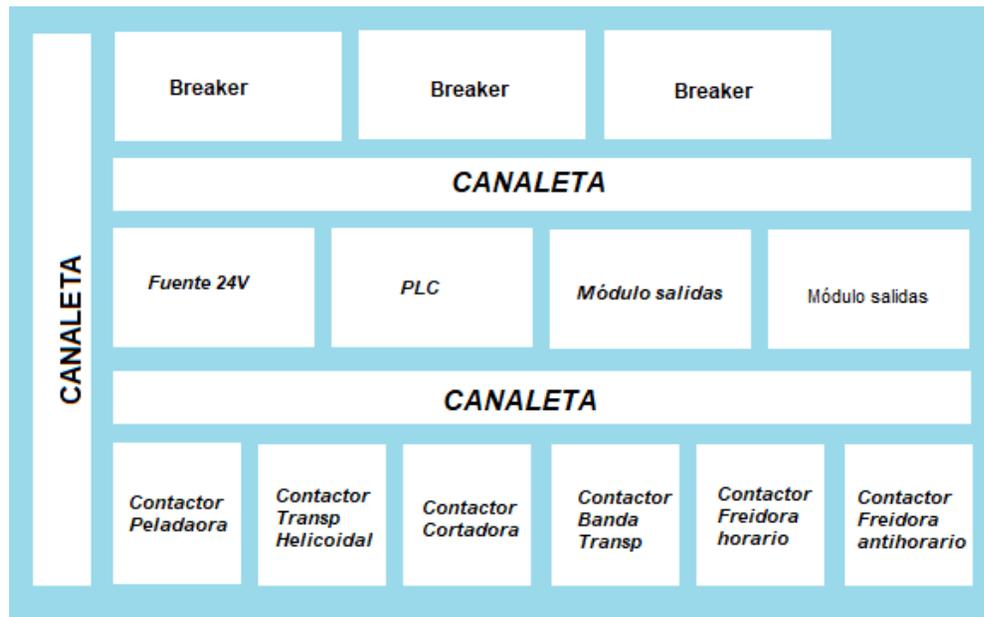
#### **4.8. Montaje eléctrico**

El cableado eléctrico cumple un papel muy importante, si se lo realiza adecuadamente se obtendrá un sistema óptimo y con los resultados esperados.

##### **4.8.1. Tablero de control**

Existen consideraciones generales para evitar perturbaciones en el proceso, estos deben tener un tendido eléctrico correcto con la dimensión apropiada y evitando sobrantes de cable, por lo tanto, se procedió a diseñar la ubicación de los elementos,

partiendo de la distribución del PLC, fuente, módulos de expansión, contactores, electroválvulas, breakers y fusibles.



**Figura 89.** Diagrama de distribución de elementos

#### 4.8.1.1. Conexiones internas

La distribución de espacios es importante, por lo cual se ubicó de manera ordenada rieles DIN y las canaletas para ubicar los elementos. La canaleta usada es ranurada para facilitar la distribución de los cables dentro del tablero y por cuestiones estéticas.

#### 4.8.2. Cableado de motores

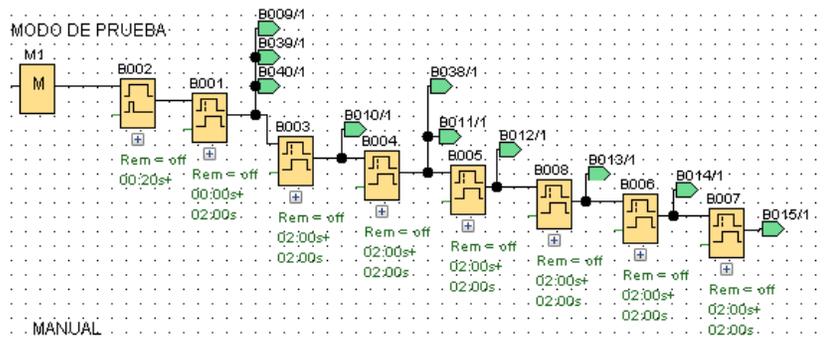
Considerando sus niveles de voltaje y corriente se utiliza cable flexible TFF #16, tomando en cuenta que cada motor posee un contactor.

### 4.9. Implementación del software

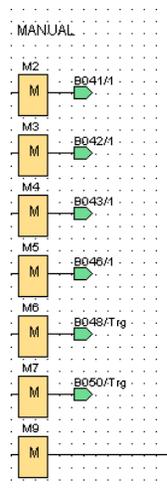
El software usado para el desarrollo de la programación del sistema es propio de esta marca, Logo!Soft Comfort en el cual se ha realizado el proceso a realizarse en lenguaje de programación por bloques.

### 4.10. Bloques de programación del PLC

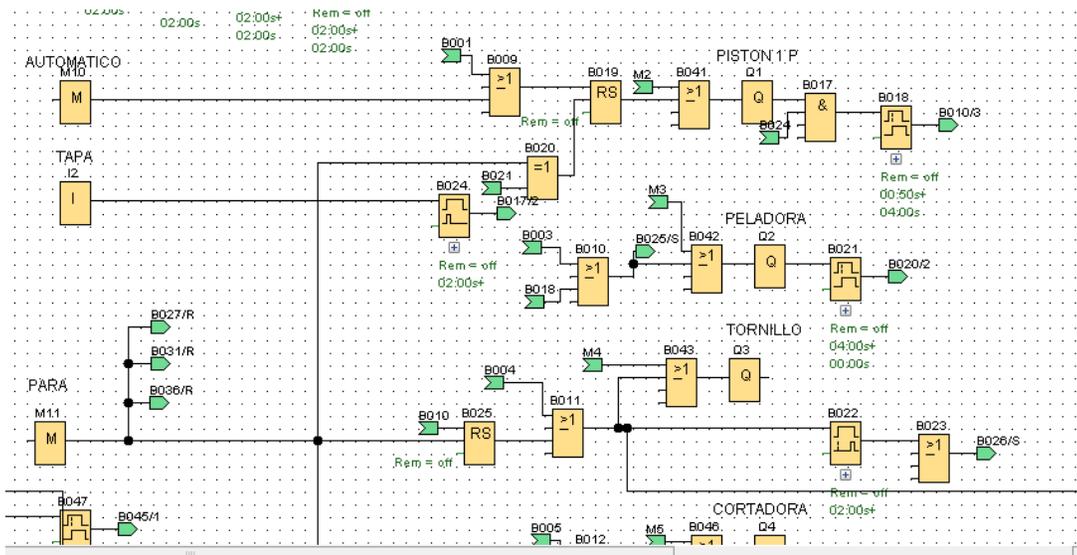
Se describe los tres modos de programación, en donde se utilizó la programación por compuertas:



**Figura 90.** Bloques de programación Modo prueba



**Figura 91.** Bloques de programación Modo prueba



**Figura 92.** Bloques de programación Modo automático.

#### 4.11. Funcionamiento del HMI

La interfaz describe el proceso, en donde se encuentran los tres modos de operación (pruebas, manual y automático), el proceso en general cuenta con un paro de emergencia.



**Figura 93.** Interfaz diseñada en Web Server Editor

## **CAPÍTULO V**

### **PRUEBAS Y RESULTADOS**

#### **5.1. Pruebas de funcionamiento mecánico y eléctrico**

Una vez colocados los elementos de control y de potencia en el tablero, se procedió a conectar los cables de alimentación del sistema, motores y controlador.

##### **5.1.1. Conexiones eléctricas**

Utilizando el multímetro se realiza pruebas de continuidad, comprobando la conexión de los elementos.

##### **5.1.2. Controlador**

Una vez realizada la instalación correspondiente de la alimentación al controlador y módulos de expansión se enciende la alimentación de la fuente del control, verificando su arranque adecuado.

##### **5.1.3. Interfaz**

Para acceder a la interfaz y visualizarla en un dispositivo inteligente, es necesario contar con una red LAN, y la clave del PLC.



**Figura 94.** Servidor LOGO

La aplicación de Logo Web Editor propio de LOGO! 8.2, permite ingresar a la dirección del PLC conectado a la red, en donde se puede acceder fácilmente a la interfaz, sin la necesidad de la utilización de una pantalla de visualización.



**Figura 95.** Interfaz

## 5.2. Pruebas de funcionamiento por etapas

Se realizó pruebas de tiempos de cada etapa, y se procedió a comparar el sistema automático y el sistema convencional.

### 5.2.1. Etapa de pelado

Se pelaron 10 lbs de papas de manera manual y en la peladora por 5 ocasiones en donde se midieron tiempos que se muestran a continuación:

**Tabla 33**

*Pruebas etapa de pelado máquina/manual*

# de prueba	Modo Manual	Modo automático	Tiempo ahorrado
1	12 min	1.05min	10.95 min
2	13 min	1.0min	12 min
3	14 min	0.95min	13.05 min
4	12 min	0.99min	11.01 min
5	13 min	1.06min	11.94 min
<b>PROMEDIO</b>	12.8min	1.01min	11.79 min

Se observa que en el proceso se ahorra casi 12 minutos por tanda, la carga nominal a tomarse en cuenta para las pruebas es de 1 quintal, lo que quiere decir que:

$$10 \text{ lbs} \rightarrow 11.79 \text{ min}$$

$$100 \text{ lbs} \rightarrow X$$

$$X = \frac{100 \text{ lbs} * 11.79 \text{ min}}{10 \text{ lbs}} = 117.9 \text{ min} \approx 1.965 \text{ h}$$

En este caso, en 100lb el ahorro de tiempo de es 1.965 horas, es decir 1 hora y 58 minutos en la etapa de pelado.

### 5.2.2. Etapa de cortado

De manera similar se cronometra el tiempo que se demora en rallar 1 libra de papas, en donde se obtuvieron los siguientes resultados:

**Tabla 34**

*Pruebas etapa de corte máquina/manual*

# de prueba	Modo Manual	Modo automático	Tiempo ahorrado
1	3.0min	0.5 min	2.5 min
2	3.1 min	0.6 min	2.5 min
3	3.0 min	0.42 min	2.58 min
4	2.8 min	0.41 min	2.39 min
5	3.0 min	0.51 min	2.49 min
<b>PROMEDIO</b>	2.98 min	0.49 min	2.5 min

En la tabla anterior se muestra que el promedio de las 5 muestras, indican que se ahorra:

$$2.5 \frac{\text{min}}{\text{libra}} * \frac{100 \text{ libras}}{1 \text{ qq}} = 250 \frac{\text{min}}{\text{qq}} \approx 4.16 \text{ h/qq}$$

Por lo tanto, se ahorra 4 horas y 10 minutos en el rallado de un quintal de papas, considerando que la seguridad del operador es alta en este proceso.

### 5.2.3. Etapa de freído

Se tomó como referencia la capacidad de aceite en la etapa de freído, debido a que anteriormente se utilizaba 30L de aceite y el proceso de fritura de aproximadamente 4 libras de papas, dura 10 minutos, en la actual freidora, se utiliza 40L de aceite y su tiempo de frito es de 6 minutos, en tandas de 8 lbs, por lo tanto, se observa un ahorro de:

**Tabla 35**

*Pruebas etapa de fritura máquina / convencional*

# de prueba	Fritura convencional	Fritura semiautomática	Tiempo ahorrado
1	11 min	5.2 min	5.8 min
2	12 min	5.1 min	6.9 min
3	11.1 min	5.1 min	6.0 min
4	10.9 min	5.0 min	5.9 min
5	11.3 min	5.0 min	6.3 min
<b>PROMEDIO</b>	11.26 min	5.08 min	6.18 min

La tabla 35 muestra que en cada tanda se ahorra 6.18 minutos, tomando en cuenta que el volumen a freír es el doble del convencional, por lo tanto, se tiene:

$$8 \text{ lbs} \rightarrow 6.18 \text{ min}$$

$$100 \text{ lbs} \rightarrow \text{tiempo}_{fritura \ 1 \ qq}$$

$$\text{tiempo}_{fritura \ 1 \ qq} = \frac{6.18 \text{ min} * 100 \text{ lb}}{8 \text{ lbs}}$$

$$tiempo_{fritura\ 1\ qq} = 77.25\ min \approx 1.08\ h$$

El tiempo de ahorro en esta etapa es de 1 hora con 17 minutos en el procesamiento de 100 lbs de materia prima.

### 5.3. Pruebas del sistema: Modo pruebas sin carga

Se desarrolló la prueba en vacío con el modo de operación pruebas y luego con el automático, el sistema se desarrolla de manera exitosa, tomando en cuenta que los sensores de posición y capacitivos tuvieron que ser activados de manera manual, el proceso completo en vacío, dura aproximadamente 3 minutos.

### 5.4. Pruebas del sistema: Modo automático con carga

Se realizó la prueba del sistema con una carga nominal en la peladora de 24 lbs, en la cual se tomó los siguientes tiempos:

**Tabla 36**

*Datos tomados de cada etapa*

Tiempos de máquina	1	2	3
<b>Pelado</b>	3 min	3.2 min	3 min
<b>Transporte peladora-cortadora</b>	1.2 min	1.5 min	1.2 min
<b>Cortado</b>	5 min	4.9 min	5.2 min

**CONTINÚA** 

<b>Transporte tolva</b>	2 min	2 min	2 min
<b>lavado-freidora</b>			
<b>Fritura</b>	5.2 min	5.2 min	5.2 min
<b>Retirado de producto</b>	2.8 min	2.8 min	2.8 min
<b>Tiempo invertido en el proceso de inicio a fin</b>	25 min	25 min	24 min

El tiempo total requerido en el proceso es el tiempo desde que ingresan las papas a la peladora hasta cuando se retira la última tanda de papas del proceso de fritura.

En las pruebas realizadas el tiempo en procesar las 24 lbs de materia prima es 25 min.

$$24 \text{ lbs} \rightarrow 25 \text{ min}$$

$$100 \text{ lbs} \rightarrow t_{\text{proceso completo}}$$

$$t_{\text{proceso completo}} = \frac{100 \text{ lbs} * 25 \text{ min}}{24 \text{ lbs}} = 104.16 \text{ min} \approx 1 \text{ hora y } 44 \text{ min}$$

El tiempo completo de procesamiento de 100 lbs de papas es de 2 horas aproximadamente.

### 5.5. Análisis de resultados

Una vez tomados estos tiempos se procede a comparar el tiempo invertido en 100 lbs de materia prima, en forma convencional y automatizada.

De forma convencional el procesamiento de 100lbs de papas requiere aproximadamente 6 horas entre la etapa de pelado, cortado, lavado y freído.

Se demuestra que la reducción de tiempos de producción es del 66.7 % del invertido en la elaboración convencional.

### **5.6. Validación de la hipótesis**

La hipótesis planteada en este proyecto de tesis es:

¿El diseño e implementación de un sistema semiautomático mejorará el tiempo de producción de frituras de papa?

- Variable Independiente: Sistema semiautomático para la producción de frituras
- Variable Dependiente: tiempos de producción

Para la validación de la hipótesis se utiliza la técnica de Chi-cuadrado, que determina si las dos variables tienen relación entre sí (Gonzales, 2012).

Es necesario establecer una hipótesis nula  $H_0$  y una hipótesis de trabajo  $H_1$ .

- Hipótesis Nula  $H_0$ : El diseño e implementación de un sistema semiautomático no mejorará el tiempo de producción de frituras de papa.
- Hipótesis de trabajo  $H_1$ : El diseño e implementación de un sistema semiautomático mejorará el tiempo de producción de frituras de papa.

Posteriormente se realiza una evaluación del tiempo que toma en realizarse el proceso con una sola tanda de papas. La cantidad de pruebas realizadas son 22 en total, 11 pruebas con la variedad Súper chola, 2 con la variedad Chip y 9 con la papa Fruit, en donde se espera obtener un error mínimo.

**Tabla 37**

*Datos obtenidos de los tiempos de producción*

Variedad de papa	Tiempo de producción		Total
	$t < 104min$	$104 < t < 120min$	
<b>Súper chola</b>	7	4	11
<b>Chip</b>	1	1	2
<b>Fruit</b>	3	6	9
<b>Total</b>	11	11	22

Una vez obtenidos estos datos se obtiene la frecuencia observada:

$$E_{ij} = \frac{\sigma_i \sigma_j}{\sigma}$$

Donde:

$\sigma_i$  Frecuencia observada

$E_{ij}$  Frecuencia esperada

**Tabla 38**

*Resultado del cálculo de la frecuencia esperada*

Variedad de papa	Tiempo de producción		Total
	$t < 104min$	$104 < t < 120min$	
<b>Súper chola</b>	5.5	1	
<b>Chip</b>	1	1	
<b>Fruit</b>	4.5	4.5	
<b>Total</b>	11	11	22

Por último, se realiza el cálculo final de Chi-cuadrado, mediante la siguiente ecuación:

$$X_{cal^2} = \sum \frac{(\sigma_{ij} - E_{ij})^2}{E_{ij}}$$

*Donde*

$X_{cal^2}$  Chi-cuadrado calculado

$i$  Número de filas

$j$  Número de columnas

$$X_{cal^2} = 10.409$$

Es necesario el cálculo del grado de libertad por lo que se recurre a la siguiente ecuación:

$$v = (i - 1) * (j - 1)$$

$$v = (3 - 1) * (2 - 1)$$

$$v = 2$$

Generalmente el nivel de significancia a tomarse en cuenta es  $p=0.25$ , lo que indica que se espera un alto grado de funcionalidad del proyecto. Con los presentes valores se recurre al Anexo H, donde se selecciona el valor correspondiente.

Chi-cuadrado tabulado = 7.37

Finalmente se valida la hipótesis realizando la siguiente comparación:

$$X_{cal^2} > X_{tab}$$

$$10.40 > 7.37$$

Por lo cual se concluye que la hipótesis de trabajo que dice: El diseño e implementación de un sistema semiautomático mejorará el tiempo de producción de frituras de papa, es válida.

## 5.7. Análisis de costos

**Tabla 39**

*Costos proyecto*

<b>Cantidad</b>	<b>Componente/máquina</b>	<b>Valor unitario</b>	<b>Valor total</b>
1	<i>Peladora</i>	900	900
1	<i>Cortadora</i>	800	800
1	<i>Freidora</i>	1500	1500
1	<i>Banda transportadora</i>	800	800
1	<i>Transportador helicoidal</i>	800	800
	<i>Sistema de control</i>	1200	1200
	<i>Sistema neumático</i>	1000	1000
	<i>Acoplamiento mecánico</i>	800	800
	<i>Gastos varios</i>	300	120
<b>Total</b>			7920

## CAPÍTULO VI

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1. Conclusiones

- Se realizó una investigación a nivel micro empresarial del estado de la automatización existente, con el fin de obtener información necesaria para el desarrollo del proyecto.
- El sistema semiautomático fue diseñado a partir de requerimientos de los beneficiarios, tomando en cuenta cuatro etapas: pelado, lavado, cortado y freído de la materia prima, por ello fue necesaria la selección de 3 máquinas en el mercado nacional, peladora, cortadora y freidora.
- A través de un análisis funcional se diseñó los sistemas de transporte cuya función es transportar la materia prima de una etapa a otra, se utilizó software para análisis y diseño gráfico.
- El proceso fue unificado en su totalidad, logrando continuidad en el proceso, sin perder independencia de cada etapa.
- El sistema de frituras es construido desde máquinas principales hasta soportes, en acero inoxidable AISI 304, para conservar las propiedades organolépticas de las papas.
- Se dimensionó los sistemas de transporte como el transportador helicoidal y la banda transportadora, pero a más de esto, se diseñó el eje de accionamiento de la freidora, tolvas de salida y lavado, mesa de escurrido y el sistema neumático.

- La selección de componentes, sensores, actuadores, controladores, etc., se realizó mediante el criterio de selección de la matriz de Phneu-nets.
- Se programó el controlador en tres modos de operación en el programa, pruebas, manual y automático. El modo de pruebas realiza el encendido de todas las máquinas antes de iniciar el proceso, el modo manual, permite el uso de cada etapa por separado y el modo automático realiza el proceso total de frituras de papa.
- La implementación de la maquinaria, sistemas de transporte, sistema neumático y control reduce aproximadamente 5 a 6 horas en el proceso de 100 libras, tomando en cuenta que el tiempo de producción de forma artesanal es 8 horas y con la implementación de maquinaria, 2 horas en total.
- El HMI diseñado permite una interacción adecuada entre operador y la máquina, ya que permite visualizar y manipular todo el sistema proporcionando confiabilidad es el proceso de frituras.
- Se cumple el objetivo principal que es diseñar e implementar un sistema semiautomático de frituras de papa para optimizar tiempos de producción.

## **6.2.Recomendaciones**

- El previo diseño de los sistemas de transporte, eje de freído y mesa de escurrido en un software, ayuda a evitar errores en el resultado final y así no tener gastos innecesarios.

- Para el montaje de gabinete de control es importante disponer de todos los elementos necesarios, además es fundamental colocar las protecciones correspondientes para evitar riesgos tanto en el sistema como al operador.
- Se recomienda que la universidad fomente la investigación en sistemas automáticos en el país a nivel de microempresa en el ámbito alimenticio.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Academia Hutte de Berlín. (1958). *Manual del ingeniero* (Vol. 2). (s.l.): Gustavo Gili S.A.
- Aguilar, M., Vilches, R., & Condori, F. (2002). Terrazas agrícolas: Una estrategia cultural y tecnológica de desarrollo rural andino. La Paz. Recuperado el 6 de septiembre de 2018
- Aguirre, G. (2018). *Sistema de dosificación para una máquina empacadora de snacks*. Ibarra. Recuperado el 27 de Febrero de 2018
- Airtac. (2015). Componentes neumáticos.
- Andrade, H. (1994). Requerimientos cualitativos para la industrialización de la papa INIAP. *INIAP N°9*, 21-23. Recuperado el 04 de Marzo de 2018
- ARCSA. (2015). *Ministerio de salud publica*. Recuperado el 18 de Marzo de 2018, de Resolución 067-2015-GGG: [http://www.controlsanitario.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/12/Resolucion\\_ARCSA-DE-067-2015-GGG.pdf](http://www.controlsanitario.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/12/Resolucion_ARCSA-DE-067-2015-GGG.pdf)
- ARCSA. (2015). *Ministerio de salud publica*. Recuperado el 10 de Diciembre de 2018, de Resolución 067-2015-GGG: [http://www.controlsanitario.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/12/Resolucion\\_ARCSA-DE-067-2015-GGG.pdf](http://www.controlsanitario.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/12/Resolucion_ARCSA-DE-067-2015-GGG.pdf)
- Argudo, J. (2011). *Diseño de una planta procesadora de chips empacados obtenidos de la Malanga*. Quito. Recuperado el 15 de Marzo de 2018
- Automatizando. (2011). Obtenido de <http://www.automatizando.com.co/sensoresdeproximidad.htm>
- Ávila, A. (2006). *Propuesta de automatización del proceso de recubrimiento de maní con chocolate*. Guatemala. Recuperado el 10 de Marzo de 2018
- Barragán Castillo, J., & Pérez Villacís, J. (2009). *Rehabilitación y automatización de una máquina empacadora de snacks familiar de doble lado, para la empresa COMSAJU CIA. LTDA*. Sangolquí. Recuperado el 14 de Marzo de 2018
- Berrio Zabala, L. G., & Ochoa Gómez, S. (2007). *Neumática Básica*. Medellín: ITM. Recuperado el 25 de septiembre de 2018
- Bubynas, R., & Nisbett, K. (2008). *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley* (Octava ed.). México D.F.: McGrawHill. Recuperado el 7 de diciembre de 2018
- Campoverde, A., & Cifuentes, M. (2013). Proyecto de factibilidad para la creación de una empresa dedicada a la industrialización y comercialización de papa estilo francesa congelada y empacada al vacío lista para freír. Quito. Recuperado el 25 de agosto de 2018
- Carrera Castro, D. A. (Diciembre de 2017). Estudio de prefactibilidad para la creación de una microempresa de cereales en la ciudad de Ambato, sujeta a la normativa de Comercialización

- Nacional e Internacional, en el período 2018-2020. Quito, Pichincha, Ecuador. Recuperado el 6 de septiembre de 2018
- Cengel, A., & Ghajar, J. (2011). *Transferencia de calor y masa fundamentos y aplicaciones* (Vol. II). Barcelona: McGRAW-HILL/Interamericana Editores, S.A. de CV. Recuperado el 5 de Marzo de 2018
- Cerdá Filiu, L. M. (2017). *Electricidad y automatismos eléctricos*. Madrid: Paraninfo. Recuperado el 25 de Noviembre de 2018
- Céspedes, M. (2016). *Diseño de una máquina para pelado y corte de papa*. Colombia. Recuperado el 6 de marzo de 2018
- Chancusi, S., & Navarrete, P. (2014). Diseño y construcción de una impresora 3D auto-replicable controlada inalámbricamente para el prototipo de piezas plásticas de bajo costo, mediante software libre. Recuperado el 15 de noviembre de 2018
- Chávez López, E. E. (2004). *Optimización del transporte de café pergamino de la bodega a la planta de transformación empleando un transportador helicoidal de canal*. Guatemala. Recuperado el 26 de julio de 2018
- CIP. (14 de Diciembre de 2015). *International Potato Center*. Recuperado el 5 de marzo de 2018, de <https://cipotato.org/es/lapapa/procesamiento-y-usos-de-la-papa/>
- CODE. (2014). Dimensionamiento arrancadores directos de motores. Recuperado el 3 de diciembre de 2018
- Creus Solé, A. (2011). *Neumática e Hidráulica* (Segunda ed.). Barcelona. Recuperado el 26 de Octubre de 2018
- ECOSERV. (2012). *Fabricación de equipos para industria alimenticia y restaurantes*. Recuperado el 10 de octubre de 2018, de <http://www.ecoserv-ec.com/>
- Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas. (2006). Recuperado el 1 de septiembre de 2018, de [http://repositorio.uchile.cl/tesis/uchile/2006/cocio\\_c/sources/cocio\\_c.pdf](http://repositorio.uchile.cl/tesis/uchile/2006/cocio_c/sources/cocio_c.pdf)
- Fuentes Ocejo, A. B. (2017). *Diseño y construcción de una banda transportadora, con brazo clasificador, para la automatización del empaquetado de toallas sanitarias, para la empresa construcción de maquinaria J.W.\_CEMAIN*. Sangolquí. Recuperado el 12 de julio de 2018
- Galárraga Cruz, A. A., & Guillén Moya, E. J. (2016). Diseño, construcción e implementación de un sistema automatizado para el proceso de pelado y corte de papas para la empresa Los Hot Dogs El portón real. Sangolquí. Recuperado el 08 de Septiembre de 2018
- García, Y. (2010). Caracterización física, química y nutricional de la papa chaucha (*Solanum phureja*) cultivado en dos edafos-climáticos del Ecuador. Recuperado el 5 de septiembre de 2018

- Gómez Rodríguez, J., & Herrera Peña, D. G. (2016). Diseño de una máquina lavadora y un transportador de alimentación para una línea de procesamiento de croquetas de yuca. Bogotá. Recuperado el 23 de Noviembre de 2018
- Gonzales. (2012). *Fundamentos de robótica*. Recuperado el 21 de diciembre de 2018, de [http://platea.pntic.mec.es/vgonzale/cyr\\_0204/cyr\\_01/robotica/index.html](http://platea.pntic.mec.es/vgonzale/cyr_0204/cyr_01/robotica/index.html)
- Gould, W. (1999). Potato production, processing and technology. CTI Publications, Inc. Recuperado el 23 de Octubre de 2018
- GRAINGER. (2018). *Catálogo WEG*. Recuperado el 23 de diciembre de 2018
- Guillén Salvador, A. (1993). *Introducción a la neumática*. Barcelona: Marcombo. Recuperado el 23 de Octubre de 2018
- Guzmán Herazo, J., & Romero Carrasquilla, Y. (2002). Diseño, construcción y montaje de un equipo neumático para moldear láminas de diferentes formas usadas en la construcción para buses. Recuperado el 5 de julio de 2018
- HabasiLINK®. (2005). Directrices técnicas.
- HOBART. (2012). Recuperado el 10 de Octubre de 2018
- Ibarra Echeverría, M., Núñez Solís, E., & Huerta, J. M. (2010). *Manual de aceros inoxidables para soldadores*. Cerrillos, Chile: 2M Impresores Ltda. Recuperado el 3 de octubre de 2018
- Industria Alimenticia*. (1 de Agosto de 2017). Obtenido de <https://www.industriaalimenticia.com/articulos/88952-mercado-de-snacks-y-productos-horneados>
- INEC. (2012). *Instituto nacional de estadística y censos, Directorio de empresas y establecimientos*. Recuperado el 6 de marzo de 2018, de [http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas\\_Economicas/DirectorioEmpresas/140210%20DirEmpresas%20final3.pdf](http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Economicas/DirectorioEmpresas/140210%20DirEmpresas%20final3.pdf)
- INEC. (2015). *Directorio de empresas y establecimientos*. Recuperado el 6 de septiembre de 2018, de [http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas\\_Economicas/DirectorioEmpresas/Directorio\\_Empresas\\_2015/Principales\\_Resultados\\_DIEE2015.pdf](http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Economicas/DirectorioEmpresas/Directorio_Empresas_2015/Principales_Resultados_DIEE2015.pdf)
- INIAP. (2014). *Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias*. Recuperado el 2 de marzo de 2018, de <http://www.tecnologia.iniap.gob.ec/index.php/explore-2/mraiz/rpapa>
- INIAP. (s.f.). Situación, perspectivas y alternativas de la papa en Ecuador. *Primera*. MAG-PRSA. Recuperado el septiembre1 de 2018
- Intec. (8 de febrero de 2018). *Neumática: Aplicaciones de la neumática en la industria*. Recuperado el 6 de septiembre de 2018, de <https://suministointec.com/aplicaciones-neumatica-industria/>
- J.GIMENEZ, S. (2015). *Taller de caldería*. Recuperado el 14 de Octubre de 2018, de <http://www.caldereriajgimenez.com/productos-tolvas.html>

- LAZADA. (2017). *Catálogo de motores*. Obtenido de [https://www.google.com/url?sa=i&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwj3rZTS9OTfAhVNneAKHUp6D0gQjhx6BAGBEAM&url=https%3A%2F%2Fspanish.alibaba.com%2Fg%2F50rpm-gear-motor.html&psig=AOvVaw1fsMBkfo\\_FkpSbxOF6uPuz&ust=1547267939013545](https://www.google.com/url?sa=i&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwj3rZTS9OTfAhVNneAKHUp6D0gQjhx6BAGBEAM&url=https%3A%2F%2Fspanish.alibaba.com%2Fg%2F50rpm-gear-motor.html&psig=AOvVaw1fsMBkfo_FkpSbxOF6uPuz&ust=1547267939013545)
- Lipson, & Charles. (1970). *Importancia del desgaste en el diseño mecánico*. México. Recuperado el 12 de diciembre de 2018
- López Pérez, L., Esparza García, H., Marín Alegría, A., & Tinajero Mondragón, J. (2008). *Equipo cortador y freidor de papas automatizado*. México. Recuperado el 3 de marzo de 2018
- Lucas, A. (2011). Universidad Tecnológica de Pereira. Recuperado el 6 de septiembre de 2018, de <http://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/viewFile/1317/905>
- Lucero, N. (2011). *Proyecto montaje de una empresa procesadora de papa en el municipio de Pupiales-Nariño*. Bucaramanga. Recuperado el 5 de marzo de 2018
- Manual Aceros inoxidables*. (2010). Chile: 2M Impresores Ltda.
- Marcillo Pito, P. M. (25 de abril de 2012). Plan de negocios para la creación de la microempresa de papas fritas artesanales ubicada en el cantón Rumiñahui. Quito, Pichincha, Ecuador. Recuperado el 7 de septiembre de 2018
- Marín García, J. (2010). *Apuntes de diseño de máquinas*. Club Universitario. Recuperado el 02 de Noviembre de 2018
- Martín Castillo, J. C., & García García, M. P. (2012). *Automatismos industriales*. Madrid: Editex. Recuperado el 25 de Noviembre de 2018
- Martínez, A., & Quinchimba, E. (2016). Diseño, construcción e implementación de un sistema automatizado para el empaquetado de huevos en la empres Granpiave Cía. Lta. Recuperado el 21 de Noviembre de 2018
- Mavaisa. (2010). Control de Procesos. Recuperado el 10 de Octubre de 2018
- Mecánica moderna. (28 de enero de 2018). *Logo Web Editor*. Recuperado el 29 de diciembre de 2018, de <http://www.infopl.net/noticias/item/105120-siemens-logo-web-editor-paginas-web-smartphone-tabletas>
- Mecatrónica LATAM*. (2018). Recuperado el 20 de diciembre de 2018, de <https://www.mecatronicalatam.com/motores/motores-de-cd>
- Mena, D., & Jácome, C. (2015). *Diseño y construcción de una máquina peladora de papas con capacidad de 100 Kg/h*. Quito. Recuperado el 2 de marzo de 2018
- Méndez, C. (2016). Redes Industriales: Práctica HMI. Recuperado el 21 de diciembre de 2018, de <https://www.youtube.com/watch?v=n3J11kwqFQE>

- Mendoza Razo, A. J., Robledo Córdova, J. d., Tudón Martínez, A., & Castillo Ramírez, A. (2011). Diseño de transportador de gusano para manejo de jarosita. *MEMORIAS DEL XVII CONGRESO INTERNACIONAL ANUAL DE LA SOMIM*, 5. Recuperado el 25 de julio de 2018
- Microautomación. (2015). Recuperado el 03 de Diciembre de 2018
- Mindman. (2015). Recuperado el 03 de diciembre de 2018
- Miranda, J. (Diciembre de 2004). *Universidad de Costa Rica Facultad de Ingeniería Eléctrica*. Recuperado el 28 de Octubre de 2018, de <http://eie.ucr.ac.cr/uploads/file/proybach/pb0434t.pdf>
- Mishra, R., & Nilesh, P. (2014). *Friction Stir Welding and Processing Science and Engineering* (1ra ed.). New York: Springer Cham Heidelberg. Recuperado el 1 de marzo de 2018
- Molina, J. (2010). *Apuntes de control industrial*. Quito. Recuperado el 10 de Diciembre de 2018
- Montoya Gómez, J., Patiño Forero, Á., & Rubiano Fernández, J. (21 y 22 de Octubre de 2015). Máquina automática procesadora de papa. *IV CONGRESO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA MECATRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN-CIIMA 2015*, 9. Recuperado el 4 de marzo de 2018
- Mott, R. L. (2006). *Diseño de Elementos de Máquina* (4ta ed.). Pearson Educación de México S.A. de CV.
- NORD. (2014). *CATALOGO REDUCTORES SIN FIN SERIE UNIVERSAL*. Recuperado el Noviembre12 de 2018, de [https://www.nord.com/cms/media/documents/bw/G1035\\_60Hz\\_ES\\_2908.pdf](https://www.nord.com/cms/media/documents/bw/G1035_60Hz_ES_2908.pdf)
- NOVATEC Maquinaria alimenticia. (2015). Recuperado el 03 de Marzo de 2018, de <http://www.navatec.com.mx/producto/fr6000-spm/>
- NOVATEC Maquinaria alimenticia. (2015). Obtenido de <http://www.navatec.com.mx/producto/fr6000-spm/>
- P.C., R. (2007). *Manual de soldadura (1ra Edicion)*. Argentina: Libreria y Editorial Alsina. Recuperado el 5 de marzo de 2018
- Paredes López, J. J. (2012). Diseño de las redes de aire comprimido y transporte neumático en un astillero. Cartagena. Recuperado el 9 de septiembre de 2018
- Parra Caguano, C. (2013). *Evaluación de tres niveles de fertilización química y de dos niveles de fertilización orgánica en la variedad I-FRIPAPA-99-66-6 y 98-11-6 de papa en el centro de experimentación y producción Salache (CEYPSA-UTC) en la provincia de Cotopaxi*. Tesis, Cotopaxi. Recuperado el 12 de junio de 2018
- Pérez Belló, M. Á. (2018). *Circuitos de fluidos. Suspensión y dirección* (Tercera ed.). España: Paraninfo S.A. Recuperado el 12 de septiembre de 2018
- Pinos Solis, W. P. (2011). Estudio del sistema de pelado de papas para disminuir el tiempo de preparación de papas fritas en la empresa de comida rápida (PILITA). Ambato, Ecuador. Recuperado el 05 de septiembre de 2018

- PROVECUADOR. (2014). *PROVECUADOR*. Obtenido de <http://provecuador.com.ec/bandas-transportadoras.html#sinteticas>
- Ray, S. (2008). *Introdution to Materials Handling*. Recuperado el 15 de Septiembre de 2018
- REMA TIPO TOP. (2012). Recuperado el 25 de diciembre de 2018, de <https://www.rema-tiptop.es/es/media-center/catalogos/101>
- Reyes Pacheco, E., Jiménez Silva, E., & Moyano Abril, G. (Agosto de 2008). Investigación del impacto de los elementos de marketing en la PYMES del sector comercial de la zona urbana de la ciudad de Latacunga. Latacunga, Cotopaxi, Ecuador. Recuperado el 5 de septiembre de 2018
- Rivera Grijalva, P. A. (2013). Diseño y construcción de un sistema automático de dosificación de micronutrientes para optimizar el proceso de producción en la empresa AVIPAZ CÍA. LTDA. Latacunga. Recuperado el 23 de septiembre de 2018
- Roldan, J. (2005). *Motores Eléctricos: Accionamientos de máquinas 30 tipos de motores*. Paraninfo S.A.
- ROTRANS S.A. (2016). *Catálogo de Bandas transportadoras*. Recuperado el 21 de noviembre de 2018, de <http://rotranssa.com/catalogos>
- S y S Componentes Eléctricos. (2012). *Productos. Ejes Paralelos*. Recuperado el 23 de Diciembre de 2018, de <http://www.solucionesyservicios.biz/Motores-y-reductores/Motoreductores/Ejes-paralelos>
- Sanchez, P., & Puente Sanchez, J. (1999). *Diseño de un transportador de carga*. San Nicolas de los Garza. Recuperado el 22 de julio de 2018
- Sejzer, R. (2016). *Calidad Total*. Recuperado el 20 de septiembre de 2018, de La matriz de Pugh para la toma de decisiones: <http://ctcalidad.bogspot.com/2016/10/la-matriz-de-pugh-para-la-toma-de.html>
- SIEGLING TRANSILON. (2002). Recuperado el 23 de noviembre de 2018, de <https://www.industry.siemens.com>
- SIEMENS. (2003). *Manual LOGO! 6ED1052-1MD08-0BA0*. Recuperado el 21 de Diciembre de 2018, de <https://docs-emea.rs-online.com/webdocs/1618/0900766b81618034.pdf>
- SIEMENS. (julio de 2016). LOGO! Manual de producto. Recuperado el 25 de septiembre de 2018
- Sinchi Teneta, E. M. (2015). Diagnóstico de la cadena agroindustrial de la papa para el procesamiento de hojuelas de colores en Inalproces con productores del Conipapa-Tungurahua procedentes de tres zonas. Quito, Pichincha, Ecuador. Recuperado el 1 de septiembre de 2018
- Tipos.com.mx*. (2015). Recuperado el 21 de diciembre de 2018, de <http://tipos.com.mx/tipos-de-disyuntores>
- TJF S.A. *Maquinaria para envase y procesos de frito*. (2016). Recuperado el 03 de Marzo de 2018, de <http://tjf.es/index.php>

- Universo fórmulas. (2018). Recuperado el 21 de noviembre de 2018, de <https://www.universoformulas.com/matematicas/geometria/area-piramide-rectangular/>
- Urretavizcaya, M. (2001). Monografía: Sistemas inteligentes en el ámbito de la educación. *Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial* , 5(12), 2-4.
- Valentín Labarta, J. L. (2018). *Introducción a los circuitos eléctricos industriales*. España: Donosbarra. Recuperado el 12 de Diciembre de 2018
- Vásquez, E. (2007). *Evaluación de las características agronómicas y de frituras de 19 genotipos de papa (Solanum tuberosum) bajo estándares de procesamiento en hojuelas*. Cayambe.
- Velastegui, A. (2015). Ingeniería conceptual básica y de detalle para la construcción de una máquina dosificadora y selladora de fideos cortos en paquetes doypack, en la empresa "Plastificio chimborazo". Recuperado el 23 de diciembre de 2018
- Vilca Guachamín, L. m., & Meneses Pillajo, D. M. (julio de 2014). Diseño y construcción de una máquina rebanadora de papas de 200 kg/h de capacidad. Quito, Ecuador. Recuperado el 10 de octubre de 2018
- Villavicencio Narváez, S. F. (2011). Implementación de un panel de control para el proceso de pasteurización de la leche mediante el uso de un Controlador Lógico Programable. Recuperado el 28 de Octubre de 2018

# ANEXOS



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA**  
**CERTIFICACIÓN**

Se certifica que el presente trabajo fue realizado por la estudiante; Srta. **Cóndor Basantes Nathaly Lisseth**. En la ciudad de Latacunga a los veintitrés días del mes de enero del dos mil diecinueve. Aprobado por:

Latacunga, 23 de enero del 2019

Ing. Andrés Marcelo Gordón Garcés  
 Director del proyecto



Ing. Vicente David Hallo Carrasco  
 Director de carrera

Dr. Rodrigo Vaca Corrales  
 Secretario Académico