



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

**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO  
DE INGENIERO ELECTROMECAÁNICO**

**TEMA: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO  
AUTOMATIZADO PARA DESCASCARADO DE PLÁTANO VERDE”**

**AUTOR:**

**MOLINA JIMÉNEZ, PABLO XAVIER**

**DIRECTOR: ING. FREIRE LLERENA, WASHINGTON RODRIGO**

**LATACUNGA**

**2018**



**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA**

**CERTIFICACIÓN**

Certifico que el trabajo de titulación, ***“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO AUTOMATIZADO PARA DESCASCARADO DE PLÁTANO VERDE”*** fue realizado por el señor ***Molina Jiménez, Pablo Xavier*** el mismo que ha sido revisado en su totalidad, 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 y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 18 de julio del 2018



**Ing. Washington Rodrigo Freire Llerena**

C.C.: 1801910884



**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA**

**AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **Molina Jiménez, Pablo Xavier** declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación **“Diseño y construcción de un prototipo automatizado para descascarado de plátano verde”**, es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Consecuentemente el contenido de la investigación mencionada es veraz.

**Latacunga, 18 de julio del 2018**

**Pablo Xavier Molina Jiménez**

C.C: 0503622581



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA  
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA

**AUTORIZACIÓN**

Yo, **Molina Jiménez, Pablo Xavier** autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO AUTOMATIZADO PARA DESCASCARADO DE PLÁTANO VERDE”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga, 18 de julio del 2018

---

**Pablo Xavier Molina Jiménez**

C.C: 0503622581



**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA**

**DEDICATORIA**

A mis padres Aydita Jiménez y Pedrito Molina, quienes han sido el pilar fundamental, a medida que pasaron los años convirtieron de mí en un hombre de bien, humilde y sencillo, supieron ser pacientes y perseverantes a lo largo de mi carrera universitaria y personal.

A mis hermanos Dany, Iván, que siempre estarán a mi lado en los buenos y malos momentos, apoyando a su hermano chavita, a esa personita que algún momento lleno de dicha y felicidad todo mi ser M.F.G.M. a la vez a toda mi familia que jamás dejó de confiar en mí y de una u otra forma estuvo allí para escucharme, motivarme para alcanzar mis metas.

**XAVIER**



**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA**

**AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios, a mi Santito “SAN ISIDRO” y a mi Abuelita que desde algún lugar derraman sus bendiciones sobre mí.

A mi familia, amigos y allegados que son parte de mis logros como persona, a mis amigos Cristian Rodríguez, Daniel Cevallos que de una u otra forma estuvieron ahí aconsejándome y dándome ánimos para que jamás decaiga.

A mis docentes que, a lo largo de la carrera universitaria, supieron compartir sus mejores conocimientos para mi formación profesional.

**XAVIER**

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

### CARÁTULA

CERTIFICACIÓN .....	i
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD .....	ii
AUTORIZACIÓN .....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO .....	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xi
ÍNDICE DE TABLAS .....	xiv
RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT.....	xvii

### CAPÍTULO

#### PROBLEMA

1.1	Planteamiento del Problema.....	1
1.2	Antecedentes .....	1
1.3	Justificación .....	2
1.4	Importancia .....	3
1.5	Objetivos.....	4
1.5.1	<b>Objetivo general.....</b>	<b>4</b>
1.5.2	<b>Objetivos específicos .....</b>	<b>4</b>

### CAPÍTULO II

#### MARCO TEÓRICO

2.1	Antecedentes investigativos .....	5
2.2	Fundamentación teórica .....	6
<b>2.2.1</b>	<b>Antecedentes de la investigación .....</b>	<b>6</b>
a)	Ingeniería Electromecánica .....	6
b)	Máquinas automatizadas .....	7
2.3	Fundamentación Conceptual .....	7

<b>2.3.1</b>	<b>Productividad de plátano verde.....</b>	<b>7</b>
<b>2.3.2</b>	<b>Procesos industriales.....</b>	<b>9</b>
<b>2.3.3</b>	<b>Descascarado de plátano verde .....</b>	<b>10</b>
<b>2.3.4</b>	<b>Especificaciones Técnicas .....</b>	<b>12</b>
<b>2.3.5</b>	<b>Especificaciones de Ingeniería (QFD).....</b>	<b>13</b>
<b>2.3.6</b>	<b>Sistemas mecánicos de transporte.....</b>	<b>13</b>
a)	Banda transportadora .....	13
<b>2.3.7</b>	<b>Aceros inoxidables .....</b>	<b>14</b>
<b>2.3.8</b>	<b>Factor de diseño .....</b>	<b>15</b>
<b>2.3.9</b>	<b>Actuadores .....</b>	<b>16</b>
a)	Motores Eléctricos .....	16
b)	Actuadores lineales eléctricos .....	17
<b>2.3.10</b>	<b>Elementos de control eléctricos- electrónicos.....</b>	<b>18</b>
a)	Arduino mega 2560.....	18
b)	Sensor fin de carrera .....	19
<b>2.4</b>	<b>Fundamentación legal.....</b>	<b>20</b>
<b>2.5</b>	<b>Sistema de variables.....</b>	<b>21</b>
<b>2.6</b>	<b>Hipótesis .....</b>	<b>22</b>
<b>2.7</b>	<b>Operacionalización de variables .....</b>	<b>22</b>

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

<b>3.1</b>	<b>Modalidad de la investigación .....</b>	<b>24</b>
<b>3.2</b>	<b>Tipos de investigación .....</b>	<b>25</b>
<b>3.3</b>	<b>Diseño de la investigación .....</b>	<b>26</b>
<b>3.4</b>	<b>Niveles de investigación .....</b>	<b>26</b>
<b>3.5</b>	<b>Población y muestra .....</b>	<b>27</b>
<b>3.6</b>	<b>Técnicas de recolección de datos.....</b>	<b>27</b>
<b>3.6.1</b>	<b>Instrumentos .....</b>	<b>27</b>
<b>3.6.2</b>	<b>Validez y confiabilidad .....</b>	<b>28</b>
<b>3.7</b>	<b>Técnicas de análisis de datos.....</b>	<b>28</b>
<b>3.8</b>	<b>Técnicas de comprobación de la hipótesis .....</b>	<b>29</b>

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

4.1	Análisis y discusión de los resultados.....	30
-----	---	----

## CAPÍTULO V

### PROPUESTA

5.1	Datos informativos .....	36
5.2	Antecedentes de la propuesta .....	36
5.3	Justificación .....	37
5.4	Objetivos.....	37
5.5	Fundamentación de la propuesta.....	37
5.6	Diseño de la propuesta .....	38
<b>5.6.1</b>	<b>Necesidades y especificaciones técnicas .....</b>	<b>40</b>
<b>5.6.2</b>	<b>Especificaciones técnicas .....</b>	<b>41</b>
<b>5.6.3</b>	<b>Método de evaluación .....</b>	<b>42</b>
<b>5.6.4</b>	<b>Sistema mecánico.....</b>	<b>43</b>
a)	Estructura principal .....	43
b)	Motores.....	45
c)	Banda transportadora .....	47
<b>5.6.5</b>	<b>Sistema de control.....</b>	<b>49</b>
a)	Controladores .....	50
b)	Sensores.....	52
5.7	Metodología para ejecutar la propuesta.....	55
<b>5.7.1</b>	<b>Diseño de los elementos del prototipo .....</b>	<b>55</b>
a)	Descripción de las partes.....	55
b)	Diseño y selección de los elementos mecánicos .....	59
c)	Diseño y selección del sistema eléctrico y de control .....	72
5.8	Discusión de resultados del prototipo automatizado.....	73
<b>5.8.1</b>	<b>Análisis de resultados .....</b>	<b>73</b>
a)	Prueba de posicionamiento y sujeción de plátano verde .....	74
b)	Prueba de descascarado del plátano verde.....	76

c)	Prueba de funcionamiento de la banda transportadora .....	77
<b>5.8.2</b>	<b>Discusión de resultados .....</b>	<b>77</b>
a)	Resultado de posicionamiento y sujeción de plátano verde .....	77
b)	Resultado de pelado del plátano verde.....	78
c)	Resultado de funcionamiento de la banda transportadora.....	78
<b>5.8.3</b>	<b>Comprobación de la hipótesis.....</b>	<b>78</b>
a)	Hipótesis .....	78
b)	Variables de la investigación. ....	78
c)	Comprobación de hipótesis .....	79
d)	Comprobación de hipótesis empleando el método chi-cuadrado. ...	81
e)	Norma ecuatoriana para alimentos .....	84
<b>CONCLUSIONES.....</b>		<b>85</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>		<b>86</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>		<b>87</b>
<b>ANEXOS .....</b>		<b>876</b>
<b>ANEXO A. Data Sheet ARDUINO</b>		
<b>ANEXO B. Data Sheet Motor Reductor</b>		
<b>ANEXO C. Data Sheet Motor paso a paso</b>		
<b>ANEXO D. Matriz de necesidades métricas</b>		
<b>ANEXO E. Prototipo de corte</b>		
<b>ANEXO F. Normas legales</b>		
<b>ANEXO G. Catálogo de rodamientos</b>		
<b>ANEXO H. Encuesta</b>		
<b>ANEXO I. Manual de operación</b>		
<b>ANEXO J. Normas para alimentos</b>		
<b>ANEXO K. Norma RTE_INEN-131</b>		
<b>ANEXO L. Planos</b>		
<b>ANEXO M. Programación</b>		



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Proceso De Obtención De Harina De Plátano .....	9
<b>Figura 2.</b> Banda Transportadora.....	14
<b>Figura 3.</b> Acero Inoxidable .....	15
<b>Figura 4.</b> Factores de seguridad.....	16
<b>Figura 5.</b> Motor Jaula de Ardilla .....	17
<b>Figura 6.</b> Actuador Lineal Eléctrico .....	18
<b>Figura 7.</b> Arduino Mega 2560 .....	19
<b>Figura 8.</b> Sensor Fin De Carrera.....	19
<b>Figura 9.</b> Resultado Encuesta, Pregunta 1 .....	30
<b>Figura 10.</b> Resultado Encuesta, Pregunta 2 .....	31
<b>Figura 11.</b> Resultado Encuesta, Pregunta 3 .....	32
<b>Figura 12.</b> Resultado Encuesta, Pregunta 4 .....	33
<b>Figura 13.</b> Resultado Encuesta, Pregunta 5 .....	33
<b>Figura 14.</b> Resultado Encuesta, Pregunta 6 .....	34
<b>Figura 15.</b> Resultado encuesta, pregunta 7 .....	35
<b>Figura 16.</b> Estructura principal.....	56
<b>Figura 17.</b> Cubierta superior .....	57

<b>Figura 18.</b> Mecanismo para descascarado .....	57
<b>Figura 19.</b> Banda Transportadora.....	58
<b>Figura 20.</b> Clasificador Plátano-Cáscara .....	58
<b>Figura 21.</b> Guía.....	59
<b>Figura 22.</b> Fuerzas en el eje de descascarado .....	61
<b>Figura 23.</b> Diagrama de fuerzas .....	64
<b>Figura 24.</b> Diagrama de momentos .....	65
<b>Figura 25.</b> Grafica de valores de kt.....	66
<b>Figura 26.</b> Fuerzas en el eje de banda transportadora .....	68
<b>Figura 27.</b> Comparación de tipos de rodamientos .....	70
<b>Figura 28.</b> Parámetros para $f_L$ y $f_N$ .....	71
<b>Figura 29.</b> Horas de trabajo - tipo de máquinas.....	71
<b>Figura 30.</b> Motorreductor .....	73
<b>Figura 31.</b> Plátano cortado los extremos .....	74
<b>Figura 32.</b> Depósito de plátano verde.....	74
<b>Figura 33.</b> Sujeción del plátano .....	75
<b>Figura 34.</b> Descascarado de plátano .....	76
<b>Figura 35.</b> Banda transportadora .....	77

**Figura 36.** Tabla Chi-cuadrado .....82

**ÍNDICE DE TABLAS**

<b>Tabla 1</b> <i>Volumen de Producción</i> .....	8
<b>Tabla 2</b> <i>Métodos de descascarado de plátano verde</i> .....	11
<b>Tabla 3</b> <i>Especificaciones técnicas máquina descascaradora</i> .....	12
<b>Tabla 4</b> <i>Sistema de variables</i> .....	22
<b>Tabla 5</b> <i>Operacionalización de variables</i> .....	22
<b>Tabla 6</b> <i>Pruebas de selección para el sistema de corte</i> .....	38
<b>Tabla 7</b> <i>Selección de mecanismo de cuchillas</i> .....	40
<b>Tabla 8</b> <i>Características del prototipo</i> .....	41
<b>Tabla 9</b> <i>Escala de ponderación</i> .....	42
<b>Tabla 10</b> <i>Características de perfiles para la estructura</i> .....	43
<b>Tabla 11</b> <i>Selección de los perfiles</i> .....	44
<b>Tabla 12</b> <i>Características de motores</i> .....	46
<b>Tabla 13</b> <i>Ponderación motores</i> .....	46
<b>Tabla 14</b> <i>Tipo de bandas transportadoras</i> .....	48
<b>Tabla 15</b> <i>Ponderación alternativas para el sistema de transporte</i> .....	49
<b>Tabla 16</b> <i>Características del controlador</i> .....	50
<b>Tabla 17</b> <i>Ponderación controladores</i> .....	51

<b>Tabla 18</b> <i>Tipos de sensor</i> .....	52
<b>Tabla 19</b> <i>Ponderación sensores</i> .....	53
<b>Tabla 20</b> <i>Resumen de elementos</i> .....	54
<b>Tabla 21</b> <i>Valor del rodamiento de la banda transportadora</i> .....	72
<b>Tabla 22</b> <i>Datos de pruebas al sistema de sujeción</i> .....	75
<b>Tabla 23</b> <i>Datos de pruebas al sistema de descascarado</i> .....	76
<b>Tabla 24</b> <i>Descascarado manual</i> .....	79
<b>Tabla 25</b> <i>Descascarado automatizado</i> .....	80
<b>Tabla 26</b> <i>Tiempo para descascarado</i> .....	81
<b>Tabla 27</b> <i>Tabla de contingencia</i> .....	83

## RESUMEN

En toda microempresa lo fundamental son los conocimientos apropiados y la tecnología que se utiliza, razón por la cual se genera una necesidad de contar con maquinaria automatizada para el descascarado de plátano verde y la producción de los derivados del mismo, por lo que se ha propuesto construir un prototipo de descascarado del producto, el sistema permitirá realizar este proceso en menor tiempo y con ahorro de recursos, acelerará la llegada del producto a la siguiente etapa (secado - molido), aumentará de manera gradual la capacidad de entrega, con el fin de cubrir la demanda que esta genera y a su vez permitirá al resto del País tomar como un aporte para una futura implementación de esta maquinaria para la producción de los derivados del producto. El sistema va ser diseñado mediante la aplicación de técnicas de automatización, tomando en cuenta cada uno de los parámetros necesarios para el sistema de corte en el descascarado, así como la profundidad, para evitar posibles desperdicios de materia prima, se realizará la selección de materiales acorde a la manipulación de alimentos con el fin de evitar contaminación al mismo. La estructura realizada será ergonómica para facilitar la maniobrabilidad al operador en el ingreso del producto al área de descascarado. La máquina consta de dos partes principales: La primera hace referencia a partes mecánicas como la estructura, mecanismos de descascarado, banda transportadora, y la segunda a la parte de control de los actuadores como motores, final de carrera, etc.

### PALABRAS CLAVE:

- **DESCASCARADO**
- **PROTOTIPO AUTOMATIZADO**
- **MICROEMPRESA**

## **ABSTRACT**

In every micro-enterprise the most important thing is the appropriate knowledge and the technology that is used, that produces a need to have automated machinery for the peeling of green plantain and the production of the derivatives thereof, has been proposed to build a prototype of peeling the product, the system will allow to realize this process in less time and saving resources, will accelerate the arrival the product to the next stage (drying - grinding), it will gradually increase the delivery capacity to cover the demand that this generates and in turn will allow the rest of the country take as a contribution for a future implementation of this machinery for the production of the derivatives of the product. The system will be designed through the application of automation techniques, taking account each of the parameters necessary for the cutting system in the peeling, as well as the depth, to avoid possible waste of raw material, the selection of materials will be made according to the handling of food for avoid the contamination. The structure will be ergonomic to facilitate maneuverability to the operator in the entry of the product to the peeling area. The machine consists of two main parts: The first refers to mechanical parts such as the structure, peeling mechanisms, conveyor belt, and the second is the control part of the actuators such as motors, limit switch, etc.

### **KEYWORDS:**

- **PEELING**
- **AUTOMATED PROTOTYPE**
- **MICROENTERPRISE**

## **CAPÍTULO I**

### **PROBLEMA**

#### **1.1 Planteamiento del Problema**

Al inicio de toda microempresa lo primordial son los conocimientos adecuados y la tecnología a utilizar, razón por la cual se genera una necesidad de contar con un prototipo automatizado para la actividad de descascarado de plátano verde, se ha provisto una sugerencia de construir un prototipo que permita suplir este proceso, que se lo ha realizado de forma manual para lo cual se considera los siguientes aspectos.

No se dispone de una máquina autónoma que permita el descascarado de plátano verde para la obtención de sus derivados, el método utilizado no es el adecuado debido a que es un proceso repetitivo y genera pérdida de tiempo lo cual conlleva estrés laboral y poca producción.

El requerimiento de abundante mano de obra provoca retardos en los siguientes procesos (secado y molienda). El descascarado y secado de plátano verde es el reflejo en utilidades cuando se procesa en grandes cantidades por ende es indispensable la optimización de tiempo en este proceso.

#### **1.2 Antecedentes**

La agilidad y producción en masa en el proceso de descascarado de plátano verde es un factor importante que determina en gran medida la competitividad de las familias que

realizan este proceso como actividad económica permisible de acuerdo a la cantidad de materia prima procesada, para la satisfacción de la demanda.

Debido a la alta demanda de personal para la elaboración de este proceso, y el tiempo que conlleva el descascarado del plátano verde los productores, buscan mejorar la producción, involucrando la construcción de un sistema que permitirá realizar este proceso. El sistema que se construye hará más rápido y eficiente el descascarado, tomando en cuenta que el personal se dedicará a otros sub procesos como el secado del producto, aumentando el ingreso económico.

Con la implementación de este sistema de descascarado ayudaría al avance de una microempresa generando empleo para la sociedad, relativo con los ingresos económicos, agilizando procesos junto con la mano de obra, garantizando de esta manera el abastecimiento y entrega de un producto de calidad.

### **1.3 Justificación**

El constate desarrollo tecnológico para las mejoras de producción en el sector artesanal y de pequeñas industrias, es prioridad del Estado Ecuatoriano. Debido a la necesidad que enfrenta para el desarrollo y aumento de la producción, a su vez como fuente de empleo para los productores de los distintos derivados del plátano verde.

Se diseña un prototipo automatizado para descascarado de plátano verde, que permita realizar este proceso en menor tiempo y con ahorro de recursos, acelerando la llegada del producto a la siguiente etapa (área de secado y molido), aumentará de manera gradual la capacidad de entrega y cubrirá la demanda que este genera y a su vez

permitirá al resto del País que tomen como un aporte para una futura implementación de esta maquinaria para la producción de los derivados de este producto.

Es importante crear tecnologías que ayuden al desarrollo de estos sectores, logrando el diseño de un sistema automatizado de fácil operación, para así lograr el máximo potencial, ya que la igualdad de condiciones a las oportunidades laborales es un argumento común para fomentar la integración y desarrollo del ambiente agroindustrial.

#### **1.4 Importancia**

La mejora constante de máquinas que permitan procesar de mejor manera los alimentos obtenidos de la naturaleza, ayuda a que los procesos sean mucho más simples, partiendo de un concepto de que la máquina ayuda a reemplazar la acción del hombre aumentando considerablemente la precisión y fuerza de ser necesaria en trabajos que han sido hecho a mano.

La fabricación de máquinas permiten mejorar la productividad de la microempresa, razón por la cual día tras día se centran en mejorar sus diseños en acuerdos internacionales para estandarizar los mismos, para lo cual se utilizan normas nacionales como la Norma **CPE INEN CODEX 1-2013** que especifica los principios generales de higiene de los alimentos, Norma **NTE INEN-ISO/IEC 17067**, Evaluación de la conformidad de certificación de productos, Norma **NTE INEN-ISO/IEC 17050-1**, expedido por el fabricante o distribuidor, debidamente legalizado por la Autoridad competente, que certifique que el producto cumple con este reglamento técnico.

Las diferentes máquinas se encuentran cada vez más inmersas en los procesos de alimentos convirtiéndose en una fuente de ayuda para el hombre, mejorando la producción y contribuyendo a la mejora económica y disminución de estrés laboral.

Con el diseño e implementación de una máquina para descascarado de plátano verde, se vuelve más fácil dicha tarea especialmente para las familias que se sustentan de esta actividad, disminuyendo el tiempo de producción y aumentando sus ingresos, así como la calidad.

## **1.5 Objetivos**

### **1.5.1 Objetivo general**

Diseñar y construir un prototipo automatizado para descascarado de plátano verde para el emprendimiento de un negocio.

### **1.5.2 Objetivos específicos**

- Diseñar el prototipo de descascarado de plátano verde.
- Modelar el prototipo utilizando software (CAD) asistido por computador.
- Implementar el sistema eléctrico y mecánico que permitirá descascarar el plátano verde.
- Realizar pruebas para verificar la calidad del producto final y requerimientos de parámetros ergonómicos.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes investigativos

El presente trabajo de titulación se basa fundamentalmente en el diseño e implementación de un prototipo de descascarado de plátano verde para la mejora de la productividad de la microempresa.

La producción de derivados de plátano verde ha sido un trabajo netamente manual, el cual consiste en quitar la cáscara al producto y cortar en pedazos para su posterior proceso que es el secado y molido. Debido a esta técnica dificulta el cumplimiento de normas de salubridad y la falta de producto en el área de secado y molido, provocando que las demás maquinas permanezcan estáticas por ciertos tiempos, lo cual disminuye la producción y produce perdida de dinero. Es por esta razón que en el presente capítulo se busca información especializada de máquinas o mecanismos que facilitan el desprendimiento de la cáscara del plátano verde.

Debido a las condiciones del proyecto se debe contar con un prototipo automatizado para el descascarado de plátano verde y un fácil sistema que permitirá el transporte del producto hacia las bandejas de secado.

Como antecedente para el desarrollo de este trabajo de titulación es la agilidad y producción en masa en el proceso de descascarado de plátano verde, el cual es un factor importante que determina en gran medida la competitividad de las familias que realizan

este proceso como actividad económica, por cuanto el recurso humano y tiempo que se emplea en el proceso.

Debido al alto índice de personal para el proceso de descascarado, se busca mejorar dicha actividad involucrando la construcción de un sistema que permita ejecutar de forma rápida y dinámica.

Con la implementación de este sistema de descascarado ayudaría al avance de una microempresa generando empleo para la sociedad, relativo con los ingresos económicos, agilizando los procesos junto con la mano de obra, garantizando de esta manera el abastecimiento y entrega de un producto de alta calidad.

## **2.2 Fundamentación teórica**

En la actualidad las empresas tienden a orientar sus procesos hacia la automatización y trabajo autónomo continuo, lo que permite tener un control total, llegando a obtener como resultado procesos más eficaces y eficientes.

### **2.2.1 Antecedentes de la investigación**

#### **a) Ingeniería Electromecánica**

De acuerdo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE la Carrera de Ingeniería Electromecánica es una Carrera de tercer nivel, misma que abarca áreas de conocimiento relacionados a la electricidad, la mecánica, los automatismos, la administración, se basa en principios científicos y tecnológicos relacionados con:

- Eléctrica en sistemas de potencia, relacionado con: la generación, transmisión, distribución, comercialización y aplicación de la energía eléctrica.
- Fuentes alternativas de energía, eficiencia energética y uso racional de la energía.
- Automatización industrial, mediante equipos: electro - neumáticos, electro hidráulico, dispositivos electrónicos y Programadores lógicos controlables.
- Mecánica en el diseño, selección y utilización de máquinas herramientas, máquinas de conversión de energía, y diferentes equipos y/o elementos que permitan la transmisión de la misma.
- Su formación toma en cuenta aspectos humanistas, ambientalistas y desarrollo de valores, que contribuirán a la sociedad, permitiendo su autorrealización profesional

## **b) Máquinas automatizadas**

La real academia de las ciencias físicas y exactas define la automática como un conjunto de métodos y procedimientos para la sustitución del operario en tareas físicas y mentales previamente programada, a partir de este concepto nace la automatización como el control de procesos industriales, se entiende como proceso a la parte del sistema que a partir de la entrada de material, energía e información sujeta a perturbaciones del entorno da lugar a una salida en forma del producto. (Pere, 2014)

## **2.3 Fundamentación Conceptual**

### **2.3.1 Productividad de plátano verde**

En el País la producción de plátano es una actividad económica muy rentable para la población que se dedica a este cultivo, dicha acción debe satisfacer un consumo de 35 millones de toneladas al año, en donde Ecuador apenas produce el 10%. En esta hortaliza ha ganado acogida en el mercado los últimos años, según datos de la ESPAC, en 2013, recuperó el área cultivada luego de una caída en 2012 ver tabla 1. La importancia del cultivo del plátano es innegable en todas las latitudes de los trópicos, por lo que tiene gran relevancia en la estructura económica de la zona o área de producción. (Flores, 2013, pág. 7)

**Tabla 1**  
*Volumen de Producción*

Año	Superficie en Ha		Producción Tm	Rendimiento Tm/Ha
	Plantada	Cosechada		
<b>2010</b>	144979	113133	547289	4,84
<b>2011</b>	136323	115349	591984	5,13
<b>2012</b>	114272	91778	559319	6,09
<b>2013</b>	151442	121824	604134	4,96
<b>2014</b>	159014	127915	634341	4,96

Fuente: (ESPAC, INE, 2015)

A nivel nacional el plátano es uno de los cultivos más comercializados, después del arroz, el trigo y el maíz, se convierte en fuente importante de empleo e ingresos que permite mejorar la calidad de vida especialmente en comunidades rurales, su variada utilización en la alimentación, a su vez el hortaliza puede ser transformado en la industria

en productos de consumo masivo y para exportación. (Paz & Pesantez, 2013, págs. 203-210)

Uno de los principales derivados del plátano verde es la harina, producto importante en el sector industrial, su finalidad en la producción es para consumo humano en diferentes variedades y concentrado animal con una vida útil entre 6 y 9 meses en ambos casos.

### 2.3.2 Procesos industriales

Las propiedades esenciales del plátano es rico en almidones y escaso en ácidos con un peso aproximado de 200gr, tiene piel gruesa y de color verdoso, su pulpa es color blanco, su forma es alargada, arqueada, blanda y de dimensiones variables, factores que influyen en cuanto al proceso industrial de pelado o descascarado uno de los procedimientos que han sido difíciles de agilizar en el ámbito de obtener la harina. (Jumbo, 2010, pág. 28).



**Figura 1.** Proceso De Obtención De Harina De Plátano

Se presenta, una descripción básica del proceso para obtención de harina de plátano:

**Lavado:** limpiar la materia prima de posibles impurezas y residuos evitando así que la pulpa se contamine.

**Pelado o descascarado:** Retirar la cáscara iniciando con el corte de las puntas extremas del plátano, realizar un corte poco profundo a lo largo de un extremo al otro, procurando no cortar la pulpa, este proceso es repetitivo y lento, lo cual hace necesario incorporar más personas para lograr una producción masiva.

**Inmersión:** se sumerge en solución de dióxido de azufre al 1%, en el lapso de tiempo de 5 minutos, con el fin de evitar la oxidación y cambios de color del plátano.

**Cubileteado:** conforma el corte del plátano en trozos pequeños en forma de cubos o rodajas para aligerar el secado mediante cuchillo o con máquinas trocadoras.

**Tratamiento térmico:** extrae la humedad es decir se deshidrata, se lleva a cabo en secadores específicos para este fruto.

**Molienda:** es la formación de harina, el plátano troceado seco pasa por molinos para ser finamente divididos en partículas pequeñas.

### 2.3.3 Descascarado de plátano verde

Un factor importante en el descascarado es la adherencia y forma de la materia prima a ser procesada. En este caso, la calidad de plátano fija las características de adherencia y formas que este presenta para realizar los cortes que se requiere para desprender la cáscara. (Rodríguez, 2012)

En la tabla 2 se menciona algunas técnicas posibles para realizar este proceso.

**Tabla 2**  
*Métodos de descascarado de plátano verde*

Método	Descripción	Imagen
<b>Manual</b>	En el pelado manual, en algunos casos para evitar la complejidad, el plátano y otros tipos de frutas con características similares, se somete a un escaldado, que consiste en sumergirlos en agua caliente durante un tiempo predeterminado, con el objetivo de facilitar el desprendimiento de la cáscara mediante ciertos tipos de cuchillas evitando lastimar la pulpa.	 <p>Fuente: (Odar, 2014)</p>
<b>Al vapor</b>	Se introduce el producto en un recipiente a alta presión, lo cual puede llevar a cabo un pelado homogéneo, además se inyecta vapor a alta presión desprendiendo superficialmente la cáscara, y finalmente se aplica duchas de agua para eliminar residuos. (Rodríguez, 2012)	 <p>Fuente: (TOMRA, 2017)</p>
<b>Por abrasión</b>	El alimento entra en contacto directo con los rodillos, los cuales tienen una superficie abrasiva dando lugar al desprendimiento de la cáscara, que posteriormente pasa a través del agua. (Rodríguez, 2012)	 <p>Fuente: (Vieira, 2014)</p>
<b>Revolver</b>	Son rodillos que conforman un tambor alargado giran por separado, permitiendo el desprendimiento de la cáscara. (Pinos, 2011)	 <p>Fuente: (Pinos, 2011)</p>

CONTINÚA



**Mecanismos de cuchillas**

Son utilizadas para pelar el producto deseado por cuchillas rotatorias de manera automática con un diseño propio, el cual es introducido la materia prima ya sea individual o por pares respectivamente. (ROMITER GROUP, 2017)



Fuente: (ROMITER GROUP, 2017)

### 2.3.4 Especificaciones Técnicas

En base a información tomada de ROMITER GROUP, empresa China dedicada al diseño y construcción de maquinarias automatizadas, muestra las especificaciones técnicas de una máquina descascaradora de plátano con posibilidad a modificación dependiendo la capacidad de carga ver tabla 3.

**Tabla 3**  
*Especificaciones técnicas máquina descascaradora*

Modelo	RM-GBP1
Salida	35-40 piezas/min
Parámetros técnicos	Voltaje: 380/220 V
	Potencia: 0,4 Kw
	Peso: 120 kg
	Dimensiones: 1,25*1,15*0,95 m
Estaciones	1 operador, 1 estación

Fuente: (ROMITER GROUP, 2017)

### **2.3.5 Especificaciones de Ingeniería (QFD)**

Según (Pacavita, Gutierrez, & Escorcía, 2010), las especificaciones técnicas a tener en cuenta en el diseño de una máquina peladora, según los términos de Ingeniería son:

- Vibración
- Consumo de energía
- Tasa de pelado
- Revolución y potencia del motor
- Números de controles para operar
- Tamaño y peso de la máquina
- Reducción de tiempo, aumento de producción

### **2.3.6 Sistemas mecánicos de transporte**

Conforman un conjunto de dispositivos y equipos necesarios para transportar el producto de forma mecánica a diferentes puntos de una instalación o entre máquinas, preservando la integridad del producto. Dentro de estos sistemas se encuentran los elevadores, tornillo sin fin, bandas transportadoras, apiladores entre otros. (Stolz S.A., 2017)

#### **a) Banda transportadora**

Es una estructura mecánica con correas de goma o tejido cerrado en anillo, mediante empalmes, misma que sirve como medio de transporte de materiales sólidos o productos

a granel. La selección de la banda se hace con referentes al tipo de transportador y la forma de operación. (CONTITECH, 2016)



**Figura 2.** Banda Transportadora

Fuente: (CONTITECH, 2016)

- Ancho de banda, determina la capacidad y pesos de las partes móviles.
- Capacidad, para cargas livianas viene expresada en libras por pie de longitud del transportador, los cálculos de tensión aportan consideraciones necesarias de soporte de carga.
- Material transportado, factores que interviene son el tipo, peso, tamaño, propiedades químicas y temperatura determinan la calidad espesor, cubiertas, cuerpo estructural para resistir impactos.
- Velocidad, viene expresada en pies/minuto datos que permiten el cálculo de la tensión efectiva y potencia requerida cuando sea sometida la banda a máxima carga, valor del cual dependerá la velocidad.

### **2.3.7 Aceros inoxidables**

Este tipo de material es conocido por su resistencia a la corrosión, está constituido como aleación principal el cromo con un máximo de hasta el 27%.

Se categoriza en tres series principales 200, 300 que poseen características similares, se trabajan con temperaturas hasta 1200°F con buenas retenciones de propiedades, poseen buena ductilidad, tenacidad y soldabilidad, son útiles en procesamiento químico, productos arquitectónicos y productos relacionados con alimentos, no son endurecibles por tratamientos térmicos.

La serie de los AISI 400 se utilizan para molduras automotrices y equipos de procesamiento químico como por ejemplo tanques de ácidos. (MOTT, 2009)



**Figura 3.** Acero Inoxidable

Fuente: (yvsial, 2018)

### **2.3.8 Factor de diseño**

El problema de diseño interviene en las especificaciones del factor de diseño, en ciertos casos no se conocen las condiciones eficaces de servicio, por lo cual el diseñador debe hacer estimaciones conservadoras de las condiciones, es decir, que el diseño resultante estuviera del lado seguro al considerar todas las variaciones posibles. (MOTT, 2009)

Según el libro de (MOTT, 2009) se debe aplicar la experiencia de diseño y el conocimiento de las condiciones analizadas para determinar el factor de diseño con el fin de garantizar la seguridad del componente. A continuación, se muestra una guía basada en condiciones promedio para la selección del factor de seguridad.

Forma de la carga	Material dúctil	Material frágil
Estática	$\sigma_d = s_y/2$	$\sigma_d = s_u/6$
Repetida	$\sigma_d = s_y/8$	$\sigma_d = s_u/10$
Impacto o choque	$\sigma_d = s_y/12$	$\sigma_d = s_u/15$

**Figura 4.** Factores de seguridad

Fuente: (MOTT, 2009)

### 2.3.9 Actuadores

Son dispositivos netamente mecánicos, se encargan de proporcionar fuerza a otro dispositivo mecánico para realizar un trabajo. La fuerza ejercida proviene de fuentes neumáticas, presión hidráulica, fuerza motriz o eléctrica, según la nominación puede ser lineal o rotatorio.

#### a) Motores Eléctricos

Transforma la energía eléctrica en mecánica rotacional al eje, proporcionada por una red de distribución. Este artefacto permite accionar cargas mecánicas. En aplicaciones industriales el motor Jaula de Ardilla ver figura 5 o con rotor en cortocircuito, es el más usado por su característica de soportar elevadas cargas y la disponibilidad en el mercado. Para la selección de un motor, se parte de la aplicación al cual está destinado, seguido

de especificaciones técnicas necesarias y las condiciones de trabajo. (WEG INDUSTRIES, 2017)



**Figura 5.** Motor Jaula de Ardilla  
Fuente: (WEG INDUSTRIES, 2017)

### **b) Actuadores lineales eléctricos**

Los actuadores lineales son cilindros mecánicos motorizados que transforman un movimiento circular a lineal, produciendo el desplazamiento del vástago, poseen un movimiento controlado en velocidad y posición, pueden funcionar bajo cargas de tracción o compresión, posee varias características que hace posible sustituir a los actuadores neumáticos o hidráulicos. (cotransa, 2009)

El campo aplicativo de los actuadores lineales eléctricos es muy amplio ya que pueden ser instalados en cualquier ambiente debido a que solo es necesario cables con energía eléctrica.



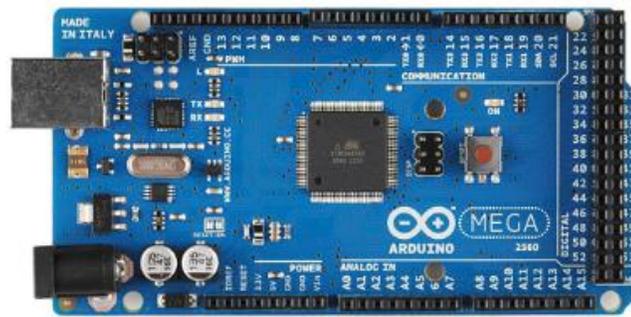
**Figura 6.** Actuador Lineal Eléctrico  
Fuente: (cotransa, 2009)

### 2.3.10 Elementos de control eléctricos- electrónicos

Intervienen accionamientos con el propósito de controlar una máquina con el paso de señales y maniobrar el proceso que el dispositivo está ejecutando.

#### a) **Arduino mega 2560**

Es una tarjeta constituida de un microcontrolador Atmega 2560, el cual posee pines de entrada y salida, tanto analógicos como digitales, se la puede programar mediante un lenguaje Processing/Wiring. Se lo utiliza para el desarrollo de objetos interactivos autónomos, además permite comunicarse con una PC mediante un puerto serial (USB). Las aplicaciones que se puede realizar con arduino no tienen límite, solo el de la mente de quien lo utiliza. (arduino.cl, 2017)



**Figura 7.** Arduino Mega 2560  
Fuente: (arduino.cl, 2017)

### b) Sensor fin de carrera

Son componentes electrónicos, que usualmente son colocados al final de una trayectoria con el fin de enviar señales que puedan modificar el estado de un circuito. Internamente contienen interruptores normalmente abiertos (NA) o cerrados (NC), existes una gran variedad de sensores en el mercado con el fin de satisfacer las necesidades del usuario.



**Figura 8.** Sensor Fin De Carrera  
Fuente: (HETPRO, 2018)

## **2.4 Fundamentación legal**

Es de vital importancia tomar en cuenta las leyes y reglamentos que rigen en nuestro País para garantizar un producto de óptimas condiciones basadas en normas como las mencionadas a continuación.

- Norma CPE INEN CODEX 1-2013 que especifica los principios generales de higiene de los alimentos,
- Norma NTE INEN–ISO/IEC 17067, Evaluación de la conformidad de certificación de productos.
- Norma NTE INEN–ISO/IEC 17050-1, Expedido por el fabricante o distribuidor, debidamente legalizado por la Autoridad competente, que certifique que el producto cumple con este reglamento técnico.

El objetivo de estas normas es establecer los requisitos de seguridad e higiene, que debe cumplir la maquinaria para el procesamiento de alimentos, con la finalidad de proteger la seguridad, la vida y la salud de las personas, el medio ambiente, y prevenir prácticas engañosas que puedan inducir a error a los usuarios. (Cox, 2010)

### **CAMPO DE APLICACIÓN**

Este reglamento técnico es aplicado en las maquinarias como se especifica en el Anexo K, para procesamiento de alimentos, que van a ser comercializadas en Ecuador, pueden ser de fabricaciones nacionales o importadas.

## REQUISITOS DEL PRODUCTO

Según establece (Cox, 2010), los requisitos que debe cumplir la maquinaria para procesamiento de alimentos son:

**Diseño:** La maquinaria para procesamiento de alimentos en su diseño debe estar bajo la norma UNE-EN 1672-2 ver detalle en Anexo J.

**Dispositivos eléctricos de mando:** Los dispositivos, señales y elementos de visualización tendrán un grado de protección IP54

**Manual de instrucciones:** Los manuales de instrucciones de maquinaria para procesamiento de alimentos, debe cumplir lo establecido en la norma UNE-EN 1672-2 ver detalle en Anexo J, adicional dicho manual estará redactado en idioma español.

**Materiales de fabricación:** Debe cumplir lo contemplado en la norma UNE-EN 1672-2 ver detalle en Anexo J.

### 2.5 Sistema de variables

#### Variable Dependiente

- Optimizar tiempo, mayor producción e higiene.

#### Variable Independiente

- Diseño y construcción de un prototipo automatizado para descascarado de plátano verde.

**Tabla 4**  
*Sistema de variables*

Definición nominal	Definición conceptual	Definición operacional
Con el diseño y construcción de un prototipo automatizado para el descascarado de plátano verde es posible comparar el nivel de producción obtenido entre el prototipo y las diferentes familias que se dedican a esta actividad.	Para adquirir el plátano descascarado, se utilizará equipos autónomos que permite controlar el sistema y posterior a ello se registran para su análisis.	En este proyecto se analizará varios parámetros como electrónicos y mecánicos, para determinar el nivel de producción obtenida.

## 2.6 Hipótesis

Mediante el diseño y construcción de un prototipo automatizado para descascarado de plátano se disminuirá el tiempo y aumentará la cantidad de producción.

## 2.7 Operacionalización de variables

En la tabla 5 se puede observar a detalle la operacionalización de variables.

**Tabla 5**  
*Operacionalización de variables*

Variables	Referencia conceptual	Referencia operacional	Técnicas e instrumentos
<b>Independiente</b>		dimensiones indicadores ítems	

CONTINÚA



Diseño y construcción de un prototipo automatizado para descascarado de plátano verde.	El prototipo automatizado permite retirar la cáscara de la pulpa, para ello se utilizará equipos y mecanismos autónomos controlados y posterior a ello un análisis de optimización de tiempo y aumento en la producción.	Parámetros eléctricos	Voltaje	V	Acondicionamiento de sensor de voltaje
			Corriente	A	Acondicionamiento de sensor de corriente
			Velocidad	Rpm	Encoder
			Torque	Lb-ft	Ecuaciones
<b>Dependiente</b> Optimizar tiempo, mayor producción e higiene.	La cantidad de plátano descascarado será proporcional al aumento de la producción, además se obtiene producto de calidad y alto higiene, debido a que los materiales serán fabricados en material para alimentos.	Indicadores eléctricos	Rendimiento eléctrico	%	Ecuaciones
			Factor de potencia	%	Ecuaciones
			Cantidad de producción	unidad	Cálculo
			Tiempo por unidad	sg	Contador

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

Se construye una máquina que ayuda al descascarado de plátano verde, utilizando un sistema de una cuchilla acoplada a un mecanismo biela manivela, el cual es accionado por medio de un motorreductor (ver anexo B) permitiendo de esta manera desprender la cáscara de la pulpa, para el transporte del producto hacia las canastas plásticas se utiliza una banda transportadora, la unidad de control está dirigida por un arduino mega 2560 (ver anexo A).

#### **3.1 Modalidad de la investigación**

Se toma en consideración para la modalidad de investigación, la investigación de campo y bibliográfica, fruto de ello se muestra la solución al problema que beneficia a las familias que se dedican a esta actividad.

##### **De campo**

Mediante este tipo de investigación, se extrae los hechos directamente desde el lugar del problema mediante la visita personal a las familias que se dedican a esta actividad en el cantón Pujilí, con el fin de palpar la necesidad que se origina en la producción de plátano descascarado.

## **Bibliográficas**

La investigación radica fundamentalmente en el estudio técnico referente al diseño e implementación de una máquina para descascarado de plátano verde, indagando en fuentes confiables que contribuyen con la mejora de dicho proceso.

### **3.2 Tipos de investigación**

Tomando en consideración una serie de elementos para este tipo de investigación, se lleva el estudio de este tipo:

**Según su finalidad:** Dado el objetivo de obtener conocimientos sobre el problema de descascarado de plátano utilizando el método manual, el cual era el origen de su causa, se hace uso de esta investigación, ya que por medio de ella se logró crear un conjunto de conocimientos teóricos ocurridos en la zona.

#### **Según su objetivo**

**Investigación descriptiva:** Se realiza este tipo de investigación, con el fin de describir la situación real de las familias que se dedican a esta actividad, la investigación descriptiva es la más utilizada es este tipo de proceso de investigación, debido a que ayuda en técnicas como la observación, la revisión de documentos, encuesta y entrevistas, mediante los hechos producidos en el cantón Pujilí, se logró identificar rotundamente las variables del problema.

### 3.3 Diseño de la investigación

El trabajo proyecta realizar el descascarado de plátano verde, utilizando cierto mecanismo para el descascarado del mismo con el fin de obtener un producto de alta calidad en menor tiempo.

Para ello se utiliza el método experimental ya que está relacionado con el tipo de investigación.

**Método Experimental.** - Para determinar los parámetros de diseño de la máquina de descascarado de plátano verde, se debe experimentar en el diseño de un mecanismo que permita desprender la cáscara de la pulpa.

Una vez encontrado el mecanismo óptimo para este proceso se procede a diseñar la máquina como tal, misma que permite descascarar el plátano de manera rápida y eficaz.

### 3.4 Niveles de investigación

**Exploratoria:** En la provincia de Cotopaxi especialmente en el cantón Pujilí no se dispone de una máquina que permita el descascarado de plátano verde.

**Descriptiva:** En la investigación se obtiene datos gracias a la entrevista y encuesta a los representantes de las familias que se dedican a esta actividad, donde menciona que no dispone de maquinaria que les agilite el proceso de descascarado de plátano para poder utilizar el tiempo restante para las otras etapas como el secado del mismo.

### **3.5 Población y muestra**

La población donde se centra el estudio es el cantón Pujilí ya que en este lugar las familias cuentan con tierras desfavorables para la agricultura, al ser tierra arenosa las familias han optado por dedicarse al pelado y secado de banano para luego encostalarlo y venderlo por quintales de 100lb a los molinos existentes en Saquisilí y Latacunga que utilizan esta materia prima para la elaboración de harinas de consumo humanos.

#### **Personas involucradas en esta actividad**

Son alrededor de 30 familias en el sector analizado, tomando en cuenta que existen más sectores que se dedican a esta actividad, así como: Barrio PICHUL en Pujilí, la Calera, San Felipe en la Ciudad de Latacunga etc.

### **3.6 Técnicas de recolección de datos**

Se realiza un conjunto de preguntas como se detalla en el Anexo H, dirigidas a una muestra representativa de la población ubicada en el Cantón Pujilí, con el fin de conocer opiniones acerca de la implementación de máquinas automatizadas en sus negocios.

#### **3.6.1 Instrumentos**

Los instrumentos utilizados para registrar dicha información en la ejecución del proyecto es de tipo encuesta, la misma que se ha tomado en una muestra de 15 representantes de familias.

### **3.6.2 Validez y confiabilidad**

Para procesar la información se debe seguir algunos criterios como se detallan a continuación.

- Análisis de la información recopilada, verificar que no se encuentre defectuosa o incompleta.
- Tabulación de los datos en base a cuadros, graficas o variables utilizando herramientas computacionales.
- Estudio técnico de los datos para presentar los resultados.
- Contraste de resultados.

### **3.7 Técnicas de análisis de datos**

Para procesar la información de debe seguir varias instrucciones en base a los siguientes criterios.

- Revisión crítica de la información recopilada, pulir los defectos que esta tenga, puede ser defectuosa o incompleta.
- Encuestar nuevamente en el caso de que la información no cumpla con lo requerido.
- Tabulación de los datos en base a cuadros o variables de acuerdo a la hipótesis.
- Manejo de la información mediante el uso de cuadros y diagramas que relacionan a las variables de la hipótesis, con el apoyo de un software especializado.

### **3.8 Técnicas de comprobación de la hipótesis**

- Análisis de los resultados de tabulación de la encuesta realizada, enfatizando la relación con las variables planteadas en la hipótesis.
- Interpretar los resultados en el aspecto que sea necesario.
- Comprobación de la hipótesis planteada en el presente proyecto.
- Establecer conclusiones y recomendaciones en base a los objetivos del proyecto.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

En el actual capítulo se definen los resultados obtenidos en las encuestas realizadas a los representantes de las familias que se dedican a la obtención de derivados de plátano verde, con la finalidad de continuar con el tema **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO AUTOMATIZADO PARA DESCASCARADO DE PLÁTANO VERDE”**

El trabajo de campo realizado es en la población ubicada en el cantón Pujilí, se considera una muestra de 15 encuestas que representa el 33% de las familias.

#### 4.1 Análisis y discusión de los resultados

A continuación, se detallan las preguntas realizadas en la encuesta.

##### 1. ¿Cuántos kilogramos de plátano descascara al día una persona?

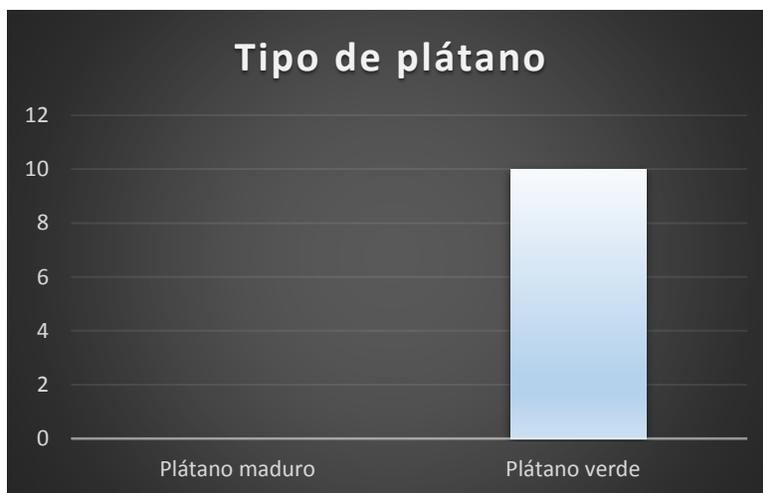


**Figura 9.** Resultado Encuesta, Pregunta 1

## ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN

Los datos obtenidos muestran que el mayor número de personas que descascara plátano verde lo hacen en una cantidad entre 300-400 Kg por día, motivo por el cual el prototipo a construir debe superar esta cantidad para tener aceptación dentro de esta actividad.

### 2. ¿Qué tipo de plátano descascara?

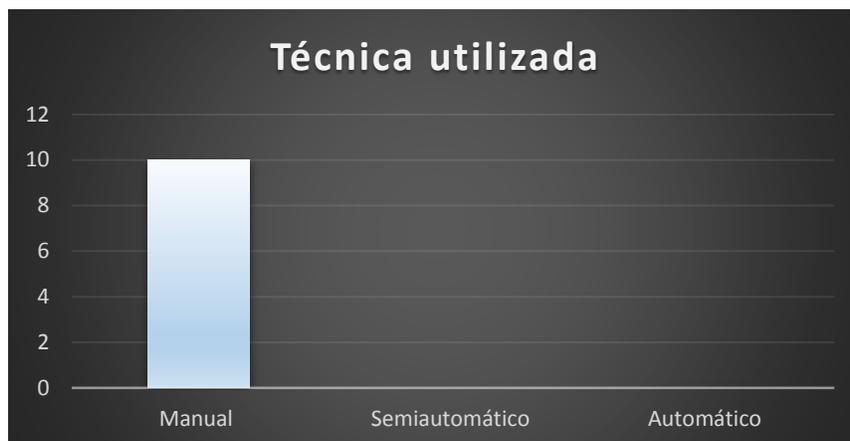


**Figura 10** .Resultado Encuesta, Pregunta 2

## ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN

El 100% de las personas que se dedican a esta actividad trabaja con el plátano verde, debido a que este punto la fruta es adecuada para obtener derivados como la harina, es por esta razón que el prototipo se centra únicamente en descascarar plátano verde y no en estado maduro de la fruta.

### 3. ¿En qué forma realiza el descascarado de plátano?

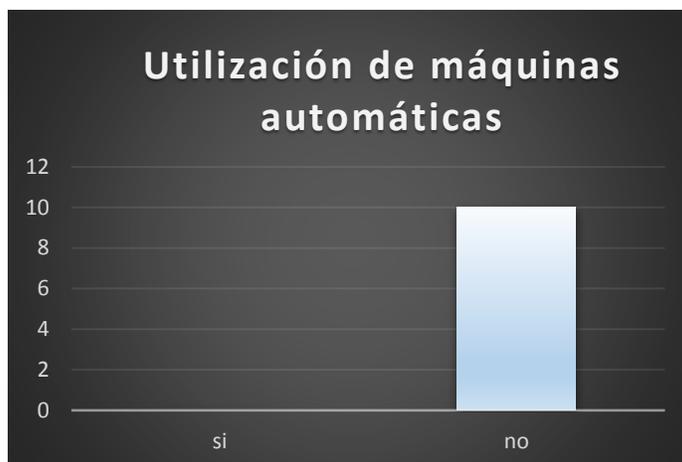


**Figura 11.** Resultado Encuesta, Pregunta 3

## ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN

Todas las personas que realizan esta actividad lo hacen de forma manual, debido a que no tienen máquinas que puedan realizar de forma correcta este proceso, es por ello que se ha platicado con los representantes de las familias para diseñar e implementar un prototipo automatizado que les permita realizar esta actividad con el fin de mejorar su producción.

### 4. ¿En alguna ocasión ha utilizado una máquina automática para descascarar plátano verde?

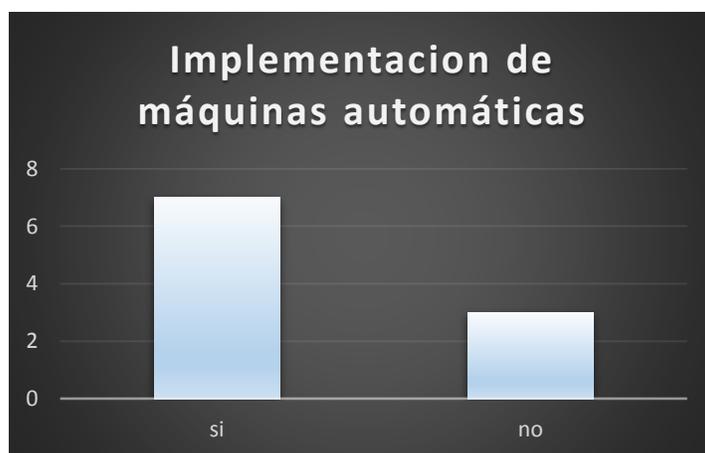


**Figura 12.** Resultado Encuesta, Pregunta 4

## ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN

El 100% de las personas encuestadas manifestaron que desconocían de una maquinaria que realice esta actividad es por ello que se limitaron a trabajar de forma manual.

### 5. ¿Implementaría Ud. Máquinas automatizadas para mejorar la producción?



**Figura 13.** Resultado Encuesta, Pregunta 5

## ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN

El 70% de las personas encuestadas les interesa a modo de prueba un prototipo para realizar esta actividad, ya que no estarían dispuestos a invertir mucho dinero en maquinaria que no esté bajo pruebas técnicas de funcionamiento, el otro 30% definitivamente está acostumbrado a realizar esta actividad de forma manual y no le interesa realizar cambios.

### 6. ¿En qué porcentaje piensa usted que mejoraría la producción de su negocio al implementar una máquina para el descascarado de plátano verde?

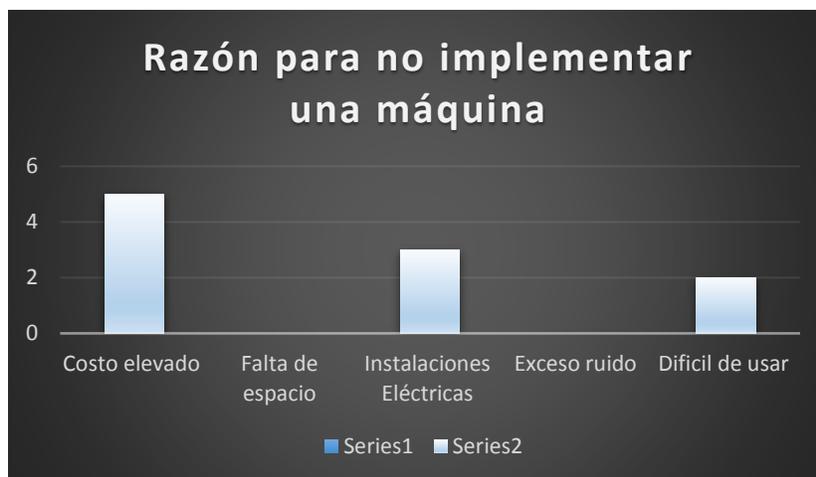


**Figura 14.** Resultado Encuesta, Pregunta 6

## ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN

El 80% de las personas interesadas en implementar un prototipo están de acuerdo que al mejorar en un 50% aumentaría su producción y lograría mejores ingresos, además evitaría el esfuerzo físico y mental de los trabajadores al incorporar maquinaria que realiza tareas repetitivas.

**7. ¿Cuál o cuáles piensa Ud. que son los principales inconvenientes para implementar máquinas automáticas en su negocio?**



**Figura 15.** Resultado encuesta, pregunta 7

### **ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN**

El 50% de las personas afirman que uno de los inconvenientes más significativos es el costo elevado de las máquinas, además de no tener un proveedor que pueda importarlas, el 30% de las personas no pueden acceder a una máquina por la falta de instalaciones, y un 20% no las incorpora por temor al uso de nueva tecnología.

## **CAPÍTULO V**

### **PROPUESTA**

#### **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO AUTOMATIZADO PARA DESCASCARADO DE PLÁTANO VERDE”**

##### **5.1 Datos informativos**

Asociación de productores de derivados de plátano verde, Cantón Pujilí, Barrio San Vicente.

##### **5.2 Antecedentes de la propuesta**

Las familias del catón Pujilí y Saquisilí, desde hace muchos años han realizado el descascarado de plátano verde con técnicas totalmente manual.

Al ser una actividad absolutamente manual se presenta problemas como por ejemplo no cumplir con condiciones de salubridad.

La fabricación de máquinas autónomas tiene sus raíces a razón de que el ser humano ha buscado optimizar su tiempo, con la creación de máquinas que faciliten realizar tareas repetitivas. Esto ha sido posible gracias al desarrollo de nuevas tecnologías en los sistemas de control.

### **5.3 Justificación**

Los antecedentes mencionados indican la necesidad de crear una máquina autónoma que permita realizar este tipo de tareas, con el fin de disminuir tiempos y aumentar la producción.

Las familias que se dedican a dicha actividad podrán incorporar este tipo de máquinas a sus negocios, además obtener beneficios como disminución de tiempos en esta actividad y lograr mejores parámetros de calidad e higiene.

El impacto que tendrá dicha maquinaria es realizar el descascarado de plátano de forma autónoma, además se tendrá un manual de mantenimiento que facilite la limpieza con el fin de prolongar su vida útil y minimizar costos por avería de sus componentes.

### **5.4 Objetivos**

- Diseñar un prototipo autónomo que permita el descascarado de plátano.
- Construir y ensamblar las partes de los diferentes mecanismos, tanto del sistema de descascarado, así como el sistema de transporte.
- Realizar pruebas de funcionamiento de las diferentes partes.

### **5.5 Fundamentación de la propuesta**

El presente proyecto se realizará en base a la implementación de un prototipo autónomo para el descascarado de plátano verde, de esta manera se logrará eliminar

tareas repetitivas causantes de estrés laboral y mejorar la producción, aumentando los ingresos para las diferentes familias que se dedican a esta actividad.

Como parte principal será el diseño del mecanismo para el descascarado de plátano verde, seguido a ello el sistema de control que permita dirigir y controlar los elementos, finalmente la estructura que contenga cada una de las partes.

Luego se realizará la implementación y respectivas pruebas de funcionamiento de cada una de las partes, así como de forma conjunta.

## 5.6 Diseño de la propuesta

Para establecer una tentativa de selección en general de las partes, se realizará en base al proceso de diseño de ingeniería concurrente, donde se toma en cuenta todos los elementos del ciclo de vida del prototipo a diseñar, además se incluye parámetros de calidad, costo y necesidades del usuario.

**Tabla 6**

*Pruebas de selección para el sistema de corte.*

MECANISMO	ALTERNATIVA	FUNCIÓN	RESULTADOS	PRODUCTO FINAL
<b>Sistema de Corte</b>	Cuchillas Rotativas 	Consiste en un juego de cuchillas paralelas suspendidas al contorno de un disco giratorio conectados a un motor, a medida que este gire se ingresa el plátano por el orificio superior, permitiendo q a su paso las cuchillas	corte con mucho desperdicio de comida, el mecanismo no se amolda a la forma del plátano	

CONTINÚA



rebanen la cascara de su exterior

#### Cuchillas Fijas



En un tubo de diámetro con relación al grosor del plátano es afilado a su contorno permitiendo mediante el empuje por medio de dos rodillos en su parte superior al producto, dando como resultado mediante la presión ejercida al plátano el descascarado sin importar la forma del producto

Cortes de una forma longitudinal al plátano por la mitad, o ningún corte por ser de menos grosor el producto.



#### Cuchillas Desplazables



Cuatro cuchillas localizadas al contorno de un disco con ayuda de resortes para su desplazamiento lineal para amoldarse al producto al ser ingresado por la parte superior.

Cortes desiguales a medida que el plátano se queda incrustado en una o varias cuchillas, dando como resultado un descascarado desigual



#### Cuchillas por desplazamiento Lineal



Consiste en un mecanismo biela manivela, acoplada una cuchilla a su extremo con un palpador que ayuda a no sobrepasar del grosor de pelado este cortara linealmente mientras el plátano gira sobre un eje.

Descascarado uniforme



**Tabla 7**  
*Selección de mecanismo de cuchillas*

<b>Mecanismo</b>	<b>ALTERNATIVA</b>	<b>PONDERACIÓN (%)</b>	<b>DECISIÓN</b>
<b>Descascarado de Plátano</b>	Cuchillas Rotativas	5%	NO
	Cuchillas Fijas	20%	NO
	Cuchillas desplazables	30%	NO
	<b>Cuchillas por desplazamiento lineal(Biela Manivela)</b>	<b>45%</b>	<b>SI</b>

Se realiza varias pruebas para la selección del mecanismo idóneo para el descascarado de plátano dando como mejor opción el mecanismo de Cuchillas por desplazamiento lineal (Biela Manivela) el cual se describe a continuación:

- Un motorreductor acoplado a un mecanismo biela manivela al que es suspendido una cuchilla de acero inoxidable al final del eje esta trabaja de forma lineal con un desplazamiento de 15cm descascarando a su paso el producto, un sistema adicional, pero a la vez que trabaja al mismo permite que el plátano gire 180 grados sobre su propio eje asegurando el descascarado a su paso.

### **5.6.1 Necesidades y especificaciones técnicas**

Para establecer las necesidades y especificaciones requeridas por el usuario se procede a describir las características que tendrá la máquina para descascarar plátano verde.

- Bajo costo de implementación
- Fácil instalación

- Fácil maniobrabilidad
- Fácil transporte
- Fácil mantenimiento
- Adecuado desprendimiento de la cáscara
- Sea rápida
- Pueda incorporar mayor número de áreas de descascarado
- Utilice un control robusto
- No sea ruidoso

Una vez definido las necesidades y requerimientos del usuario, se procede a la elaboración de la matriz de métricas, con la finalidad de obtener los requerimientos técnicos para satisfacer dichas necesidades ver anexo D.

### 5.6.2 Especificaciones técnicas

Analizando la matriz de métricas, se consigue obtener las características que debe tener la máquina para realizar la selección de los componentes ver tabla 8.

**Tabla 8**  
*Características del prototipo*

Núm.	Métrica	Unidad	Valor
1	Voltaje de alimentación	V	110 - 220
2	Dimensiones de la máquina	m	1.1x0.70x1.38
3	Peso de la Máquina	Kg	75
4	Fuerza de motores	Hp	½

CONTINÚA



5	Velocidad de motores	cm/s	ND
6	Número de entradas del controlador		2 - 5
7	Nivel ruido	dB	55 - 62
8	Estructura Acero Inoxidable	-	-
9	Temperatura de trabajo	° C	0 - 25
10	Número de puestos de trabajos	-	3
11	Velocidad de trabajo	Plátano/min	5

### 5.6.3 Método de evaluación

Para establecer una tentativa de selección se realiza un análisis comparativo entre las características de los posibles elementos a utilizar, para ello se utiliza escalas de ponderación de acuerdo al nivel de aceptación de los parámetros establecidos ver tabla 9.

**Tabla 9**  
*Escala de ponderación*

Calificación	Porcentaje (%)	Desempeño Relativo
1	< 20	Pésimo
2	20 – 40	Peor
3	40 – 60	Igual
4	60 – 80	Mejor
5	80 -100	Óptimo

## 5.6.4 Sistema mecánico

El diseño mecánico, representa a todas las partes que sirven como soporte de los diferentes elementos que intervienen el proceso de descascarar el plátano verde, además debe soportar el peso del producto llenado en la bandeja de depósito.

### a) Estructura principal

La estructura principal es la que va soportar a todos los elementos, como los motores, mecanismos de descascarado, plátano verde, etc. Para lo cual se debe diseñar en materiales resistentes, para el diseño se analiza las siguientes alternativas.

- Perfiles en Acero inoxidable AISI 304
- Perfiles en aluminio

**Tabla 10**  
*Características de perfiles para la estructura*

	 <p><b>Perfiles en Acero inoxidable AISI 304</b></p>	 <p><b>Perfiles en Aluminio</b></p>
<b>Resistencia</b>	Es muy resistente a diferente esfuerzo ya que posee una dureza Brinell de 160- 190	No es resistente como el acero.

**CONTINÚA**



<b>Corrosión</b>	Debido a su bajo contenido de carbono otorga una mejor resistencia a la corrosión en estructuras soldadas	Tiene una alta resistencia a la corrosión, debido a que presenta una capa protectora en la superficie.
<b>Propiedad térmica</b>	Alcanza altas temperaturas antes de llegar al punto de fusión	Puede volverse muy suave a temperatura mayor que 400°C.
<b>Soldadura</b>	Fácil soldadura	Más complicado de soldar
<b>Efecto en alimentos</b>	Es menos reactivo que el aluminio	Se utiliza en alimentos, pero puede alterarse el color y sabor.
<b>Conductividad térmica</b>	No es buen conductor de calor	Presenta una mejor conductividad térmica
<b>Practicidad</b>	Es totalmente diferente al aluminio debido a su resistencia al deterioro.	Es bastante suave de mecanizar.
<b>Costo</b>	Accesible económicamente	Costo mucho más accesible por el diseñador.

## Selección de los perfiles para la estructura

Se procede a evaluar los perfiles idóneos en base a los criterios de selección y sistema de puntuación establecidos anteriormente.

**Tabla 11**  
*Selección de los perfiles*

		<b>Alternativas</b>			
		A Perfil en Acero		B Perfil en Aluminio	
<b>Criterios de selección</b>	Peso	Calificación	Evaluación Ponderada	Calificación	Evaluación Ponderada
<b>Resistencia</b>	25%	5	1.25	2	0.5
<b>Corrosión</b>	10%	5	0.5	3	0.3

**CONTINÚA**



<b>Propiedad térmica</b>	10%	5	0.5	2	0.2
<b>Soldadura</b>	10%	4	0.4	2	0.2
<b>Efectos en alimentos</b>	30%	5	1.5	3	0.9
<b>Practicidad</b>	15%	4	0,6	3	0,45
<b>Total</b>	100%		5,25		2.55
<b>Lugar</b>			1		2

Como se puede observar en la tabla 13 la alternativa A es la más óptima debido a que presenta mejores características ante la corrosión, siendo adecuado para estar en contacto con los alimentos, fácil soldadura y resistencia a grandes esfuerzos.

## b) Motores

Para iniciar el movimiento de los diferentes mecanismos es necesario la utilización de motores, los cuales proveen la fuerza mecánica necesaria para cumplir dicho objetivo, debido a esto es necesario analizar dos tipos:

**Motorreductor:** Este tipo de motores son de rotación continua, esto quiere decir que una vez conectado la fuente de alimentación comenzará a girar hasta que se desconecte.

El control de velocidad es mediante la modulación por ancho de pulso, generalmente están diseñados para trabajar con altas RPM ver (Anexo B).

**Motor paso a paso:** Este tipo de motores permiten tener el control de la posición y la velocidad al momento de ser energizados, este tipo de motor trabaja a velocidad baja, su rotación es precisa y fácil configuración.

Para el control de estos elementos es necesario tener un controlador o drivers ver (Anexo C)

**Tabla 12**  
*Características de motores*



**Motorreductor**



**Motor paso a paso**

<b>Control</b>	Modulación ancho de pulso	Drivers
<b>Velocidad</b>	Alto	Bajo
<b>Fuente de Alimentación</b>	120 V AC	9-24 V
<b>Grados de rotación</b>	-	360°
<b>Temperatura</b>	Es menos reactivo que el aluminio	-10 a 50°C
<b>Peso</b>	Pesados	Ligeros
<b>Costo</b>	Accesible económicamente	Alto costo

De igual manera se realiza una ponderación de acuerdo a las características que presenta cada uno de los motores, como se observa en la tabla 13.

**Tabla 13**  
*Ponderación motores*

		<b>Alternativas</b>			
		A Motorreductor		B Motor paso a paso	
<b>Criterios de selección</b>	Peso	Calificación	Evaluación Ponderada	Calificación	Evaluación Ponderada

**CONTINÚA**



<b>Control</b>	20%	3	0,6	4	0,8
<b>Velocidad</b>	20%	3	0,6	4	0,8
<b>Fuente de Alimentación</b>	10%	3	0,3	3	0,3
<b>Grados de rotación</b>	10%	3	0,3	5	0,5
<b>Temperatura</b>	5%	4	0,2	4	0,2
<b>Peso</b>	5%	5	0,25	3	0,15
<b>Costo</b>	30%	5	1,5	2	0,6
<b>Total</b>	100%		3,75		3.35
<b>Orden</b>			1		2

Como se observa la tabla 8 la alternativa A es la más idónea debido al costo que presenta la adquisición de un motor paso a paso de alto torque.

### c) Banda transportadora

El traslado del producto a posteriores etapas, es un problema que se presenta al obtener producto procesado en gran cantidad, para ello es necesario contar con un sistema rápido de transporte como lo es el caso de las bandas transportadoras, para ello es necesario analizar el tipo de cinta a utilizar ya que se estará trabajando con alimentos.

En la tabla 14 se puede observar las características que presentan dos tipos de bandas transportadoras existentes en el mercado.

- Banda transportadora por rodillos
- Banda transportadora de cinta

**Tabla 14**  
*Tipo de bandas transportadoras*



**Banda transportadora de cinta**



**Banda transportadora por rodillos**

<b>Control de posición</b>	SI	NO
<b>Velocidad</b>	Alto	Medio
<b>Fuente de Alimentación</b>	120 - 220 V AC	120 - 220 V AC
<b>Tipo</b>	Modular	Malla metálica
<b>Accionamiento</b>	Motores	Motores
<b>Peso</b>	Ligeros	Pesados
<b>Costo</b>	Alto costo	Alto costo
<b>Tipo de transporte de producto</b>	Productos solidos	Productos a granel

A continuación, se realiza la ponderación con el fin de determinar la alternativa correcta ver tabla 15.

**Tabla 15**  
*Ponderación alternativas para el sistema de transporte*

<b>Alternativas</b>					
		<b>A</b>		<b>B</b>	
		Banda transportadora de cinta		Banda transportadora de rodillos	
<b>Criterios de selección</b>	Peso	Calificación	Evaluación Ponderada	Calificación	Evaluación Ponderada
<b>Control de posición</b>	20%	5	1,0	4	0,8
<b>Velocidad</b>	20%	4	0,8	5	1,0
<b>Fuente de Alimentación</b>	10%	3	0,3	3	0,3
<b>Tipo</b>	10%	3	0,3	4	0,3
<b>Accionamiento</b>	10%	4	0,4	4	0,4
<b>Peso</b>	5%	5	0,25	4	0,2
<b>Costo</b>	5%	4	0,2	4	0,2
<b>Tipo de transporte de producto</b>	20%	3	0,6	5	1,0
<b>Total</b>	100%		3,85		4,2
<b>Orden</b>			1		2

La mejor alternativa para el transporte del producto es la alternativa B de la tabla 15, debido a que tiene características importantes para este trabajo como el tipo de producto a transportar, además la velocidad es baja lo cual hace idóneo para trasladar el plátano verde pelado hacia el demás proceso.

### 5.6.5 Sistema de control

El sistema de control cumple con la función de administrar de la manera más adecuada a todos los dispositivos mediante sus entradas y salidas las cuales estarán conectados a los diferentes sensores, actuadores.

## a) Controladores

Con el fin de determinar la mejor alternativa, se analiza dos controladores que cumplen con características necesarias para la realización del proyecto.

- Arduino industrial
- PLC siemens logo 230rc

A continuación, en la tabla 16 se puede observar las características más representativas obtenidas de (Anexo D).

**Tabla 16**  
*Características del controlador*

		
	<b>Logo 230rc</b>	<b>Arduino mega</b>
<b>Canales de E/S digitales</b>	6 entradas y 4 salidas	4 entradas, 2 canales PWM, 3 contactos E/S digitales
<b>Voltaje</b>	120 - 230 V AC	5 V DC
<b>Compatibilidad con módulos y sensores</b>	SI	Si
<b>Procesador</b>	CPU 1211C	ATmega 32u4
<b>Trabajar con base de datos</b>	NO	NO
<b>Memoria</b>	1 Mb interna SDcard	256 Kb interna SDcard

**CONTINÚA**



Programación	Ladder	Arduino
<b>Dimensión</b>	72x90x55 mm	71,5 x 87 x 58 mm
<b>Peso</b>	190 g	

## Selección del sistema de control

Con la finalidad de determinar el controlador adecuado para la realización del proyecto se procede evaluar en base a los parámetros establecidos anteriormente.

**Tabla 17**  
*Ponderación controladores*

		Alternativas			
		A Logo 230rc	B Arduino Industrial		
Criterios de selección	Peso	Calificación	Evaluación Ponderada	Calificación	Evaluación Ponderada
<b>Canales de E/S digitales</b>	20%	4	0.8	5	1.00
<b>Voltaje</b>	20%	4	0.8	5	1.00
<b>Compatibilidad con módulos y sensores</b>	10%	3	0.3	3	0.3
<b>Procesador</b>	10%	3	0.3	4	0.4
<b>Trabajar con base de datos</b>	10%	4	0.4	4	0.4
<b>Memoria</b>	10%	3	0.3	4	0.4
<b>Programación</b>	20%	3	0.6	5	1.0
<b>Total</b>	100%		3,5		4.5
<b>Orden</b>			1		2

Como podemos observar en la tabla 17 la alternativa B es la mayor ponderada debido a que el dispositivo presenta características que se adaptan al medio, como lo es el tipo de alimentación, programación y el número de entradas/salidas.

## b) Sensores

Se utiliza para conocer si el producto es introducido en el mecanismo de pelado, además es el encargado de accionar la banda transportadora, con el fin de evitar que la misma permanezca encendida.

En la tabla 18 se muestra dos tipos de sensores:

- Sensor haz de barreras
- Sensor final de carrera

**Tabla 18**

*Tipos de sensor*



Haz de barrera



Final de carrera

<b>Distancia de detección</b>	Alto	Debe estar en contacto
<b>Voltaje</b>	5 V CD	5 V DC
<b>Posición de detección</b>	Estable	Estable
<b>Objetos opacos</b>	Forma, color, material	Forma, material
<b>Potente de haz</b>	Alto	Ninguno
<b>Dimensión</b>	Pequeño	Pequeño
<b>Peso</b>	40g	20g

Para obtener la mejor alternativa se procede a evaluar cada uno de los sensores de acuerdo a las características que presentan.

**Tabla 19**  
*Ponderación sensores*

<b>Alternativas</b>					
		<b>A</b>		<b>B</b>	
		<b>Haz de barras</b>		<b>Final de carrera</b>	
<b>Criterios de selección</b>	<b>Peso</b>	<b>Calificación</b>	<b>Evaluación Ponderada</b>	<b>Calificación</b>	<b>Evaluación Ponderada</b>
<b>Distancia de detección</b>	30%	1	0,3	5	1,5
<b>Voltaje</b>	10%	5	0,5	5	0,5
<b>Posición de detección</b>	10%	4	0,4	4	0,4
<b>Objetos opacos</b>	20%	3	0,6	4	0,8
<b>Potente de haz</b>	10%	1	0,1	4	0,4
<b>Dimensión</b>	10%	4	0,4	2	0,2
<b>Peso</b>	10%	4	0,4	4	
<b>Total</b>	100%		2,7		4,2
<b>Orden</b>			2		1

El sensor a utilizar será a un final de carrera que corresponde a la alternativa B, ya que presenta mejores características como por ejemplo permite estar en contacto con el producto para ser accionado.

### **Resumen de alternativas seleccionadas**

Se muestra un resumen de los elementos que mejor desempeñaran cada uno de sus funciones, para tener una máquina ergonómica y fácil manipulación por parte del operador, además permiten cumplir con parámetros de calidad ya que son elementos que tienen una alta vida útil.

**Tabla 20**  
Resumen de elementos

Sistema	Componente y Descripción	Esquema Gráfico
Sistema Mecánico	<p><b>Perfiles en Acero inoxidable AISI 304</b></p> <p>Se utilizará en la construcción de las partes.</p>	
	<p><b>Motorreductor</b></p> <p>Utilizado para accionar el mecanismo de palado y banda transportadora.</p>	
	<p><b>Banda transportadora por rodillos</b></p> <p>Sirve para trasladar el producto a las bandejas.</p>	
Sistema de control	<p><b>Arduino mega</b></p> <p>Encargado de dirigir y controlar el sistema</p>	

CONTINÚA 

**Final de carrera**

Cumplen la función de detección del producto en el área de llenado del mismo.



## 5.7 Metodología para ejecutar la propuesta

### 5.7.1 Diseño de los elementos del prototipo

Para la etapa de diseño se procede a modelar cada uno de sus partes como la estructura, mecanismos de descascarado del plátano verde y la banda transportadora; para ello se ha utilizado un software de dibujo asistido por computador (CAD) el cual ayuda a optimizar el material a utilizar y con ello evitar gastos excesivos.

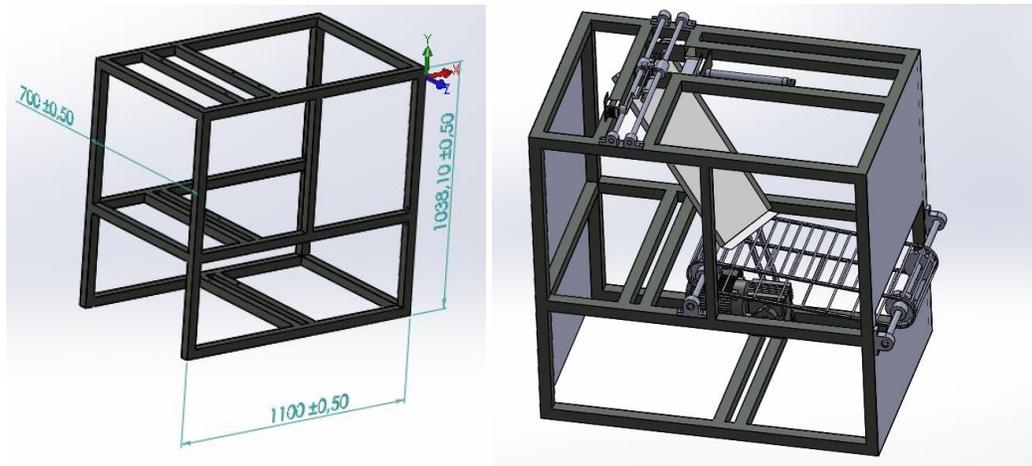
De igual manera se realiza el diseño del sistema eléctrico y de control, se utilizará un control de lazo abierto debido a que no existe realimentación del plátano descascarado una vez que el producto cae de la banda transportadora a las cubetas, continúa sin retorno.

#### a) Descripción de las partes

Con el fin de tener una idea clara de la función que cumple cada elemento se realiza la descripción de cada uno de ellos, además se realiza los respectivos cálculos en base a los esfuerzos a cuál estarán sometidos cada uno de los elementos con el fin de seleccionar el material correcto.

## Estructura principal

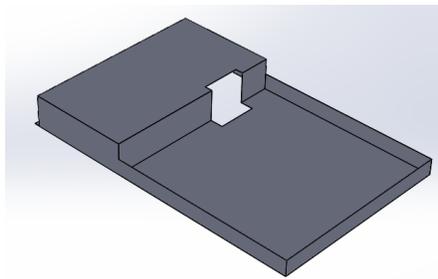
La estructura principal es el chasis de la máquina, es decir en donde se sostiene a los elementos que la constituyen, estará construida en acero inoxidable AISI 304 y sus medidas son 1100 largo x 700 ancho x 1038.1 alto como se observa en la figura 16.



**Figura 16.** Estructura principal

## Cubierta superior

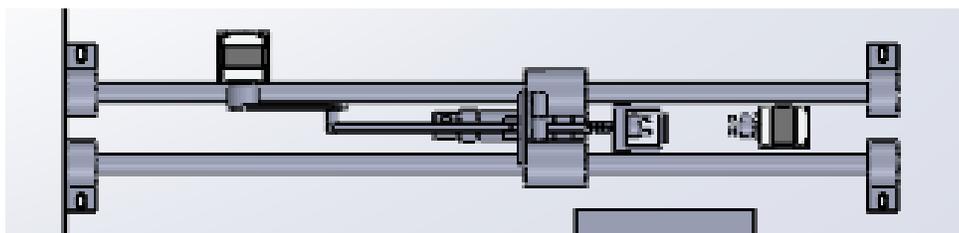
Es utilizada para evitar el contacto del operador con los mecanismos en movimiento, además facilita la inserción del producto por medio de sus agujeros ubicados en un extremo los cuales se encuentran sobre cada cuchilla de descascarado, se lo ha diseñado en forma de bandeja la cual sirve como depósito de las cubetas de plátano a ser pelado, se construye en láminas de acero inoxidable AISI 304 de 1 mm de espesor como se observa en la figura 16.



**Figura 17.** Cubierta superior

### **Mecanismo para descascarado**

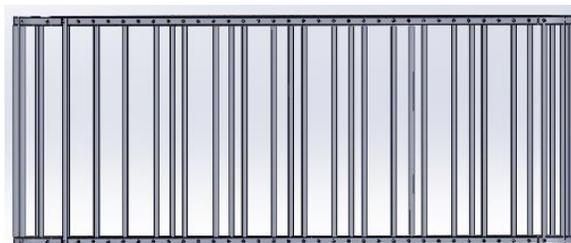
Consta de un filo cortante que desplazado por un sistema de biela-manivela que permite desprender la cascara del plátano en forma de tiras, su diseño es desmontable ya que debe ser reemplazada cada cierto tiempo para evitar disminuir la eficiencia de la máquina, se construye en acero inoxidable AISI 304, su área de corte está en función del plátano verde que está alrededor de 15 mm, se lo puede observar en la figura 18.



**Figura 18.** Mecanismo para descascarado

### **Banda transportadora**

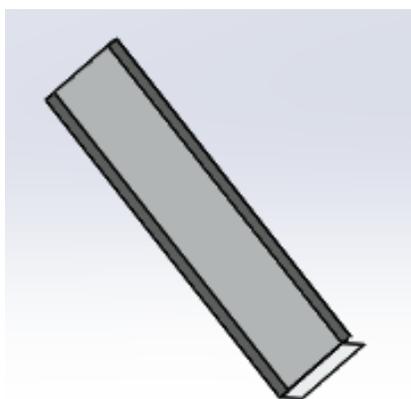
Se utiliza para trasladar el producto desde las cuchillas de descascarado hasta las cubetas y posterior a ello transferir a la siguiente etapa que es el secado, está basado en un diseño que permite su fácil limpieza, se construye las guías en acero inoxidable AISI 304 y una banda de caucho como se observa en la figura 19.



**Figura 19.** Banda Transportadora

### **Clasificador plátano-cáscara**

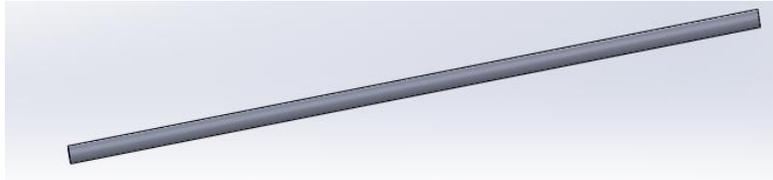
Permite retirar la cascará con el fin de no mezclar con el producto, está diseñada de tal forma que permite deslizar el producto hacia la banda transportadora facilitando este proceso, se construirá en acero inoxidable AISI 304, presenta una forma de resbaladera como se observa en la figura 20.



**Figura 20.** Clasificador Plátano-Cáscara

### **Guías**

Permiten el movimiento del mecanismo de descascarado, están contruidos en acero inoxidable AISI 304 con un diámetro de 19,2 mm como se observa en la figura 21.



**Figura 21.** Guía

### **b) Diseño y selección de los elementos mecánicos**

La máquina para descascarado de plátano verde deberá abastecer una producción de 400 kg por día, es decir deberá descascarar 2 cubetas de 25 kg por cada hora de trabajo, con el fin de abastecer la demanda total de la siguiente etapa que es el área de secado.

Debido a que el prototipo estará en contacto directo con el producto se debe utilizar materiales que no sean contaminantes según lo establece la norma INEN RTE 131, misma que indica que se debe trabajar con aceros inoxidables y materiales que no transfieran olores, sabores, colores y ningún tipo de partículas que pongan en peligro la salud del ser humano.

El mecanismo de descascarado consta de un sistema biela-manivela que permite el desplazamiento de la cuchilla a lo largo del plátano, permitiendo cubrir todo contorno gracias a un motor paso a paso que realiza un giro de 360°; el mecanismo de transporte del producto hacia las cubetas se lo realiza por medio de una banda transportadora de cadena.

### **Análisis estático de la estructura principal**

Para realizar esta tarea se utiliza un software de diseño asistido por computador CAD, el mismo que permite aplicar las diferentes fuerzas que actúan sobre la estructura, con el fin de determinar el factor de seguridad adecuado para que no falle ante los diferentes esfuerzos, en la figura se observa la deformación obtenida mediante el software.

### **Diseño de ejes**

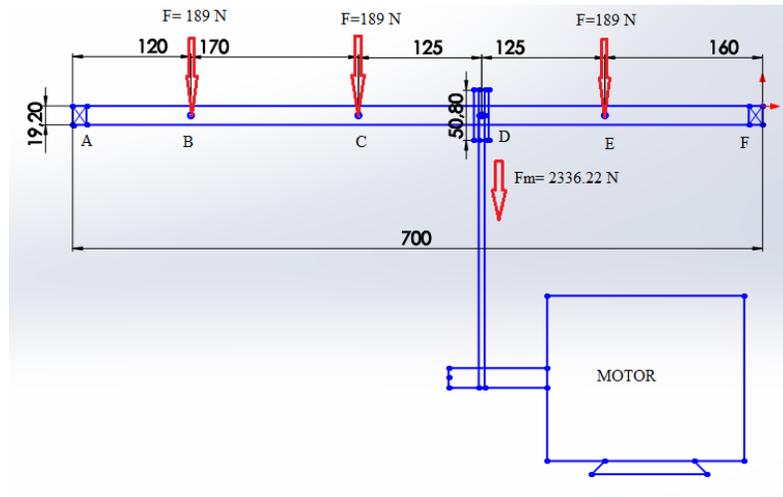
Serán utilizados como dispositivos mecánicos que transmiten un movimiento rotacional y de potencia, la misma que se obtiene desde un motor eléctrico.

Para el diseño de los ejes de la banda transportadora se debe tener conocimientos de análisis de esfuerzos con el fin de obtener las gráficas de momento cortante y torsión.

### **Fuerzas ejercidas sobre el eje del mecanismo de descascarado**

A continuación, se detalla el análisis de fuerzas sobre el eje, considerando únicamente los elementos y cargas que están directamente sobre el eje.

Es necesario especificar un material adecuado para el eje mostrado en la figura 22, el eje se asume un diámetro de 19.2 mm y gira a 120 rpm producto de la potencia de 1 hp de un motor eléctrico, las fuerzas que se observa en la figura 22 corresponden a la fuerza necesaria para introducir el plátano a través de las cuchillas de descascarado, los elementos montados sobre el eje se fijan por medio de una cuña, los cojinetes actúan como apoyos simples para el eje.



**Figura 22.** Fuerzas en el eje de descascarado

Según establece (Mott, 2006) se debe aplicar la fórmula 1 para la potencia, la misma que ayuda a determinar la fuerza transmitida por el motor hacia el eje.

$$P = T \cdot n \quad (1)$$

Donde:

P: Potencia del motor

T: Torque

n: Revolución por minuto

$$n = \frac{120 \text{ rev}}{\text{min}} = \frac{4\pi \text{ rad}}{\text{sg}}$$

$$1 \text{ Hp} = 745.699 \frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{sg}}$$

$$T = \frac{P}{n} = \frac{745.699 \text{ N} \cdot \text{m}/\text{sg}}{4\pi \text{ rad}/\text{sg}}$$

$$T = 59.34 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Para realizar los diagramas de momentos de debe tener el valor de todas las fuerzas para lo cual (Mott, 2006) establece la fórmula para el torque (T).

$$Fm = \frac{T}{d} = \frac{59.34 \text{ N.m}}{0.0254\text{m}}$$

$$Fm = 2336.22 \text{ N}$$

Realizar la sumatoria de todas las fuerzas (Ft) que actúan sobre el eje.

$$Ft = 3F + Fm$$

$$Ft = 3(189\text{N}) + 2336.22\text{N}$$

$$Ft = 2903.22\text{N}$$

Para seleccionar el material adecuado para el eje se utilizará la teoría de esfuerzos normales y cortantes combinados.

$$T = Fm \cdot d \quad (2)$$

Donde:

Fm: Fuerza de transmisión por el motor

D: Distancia

Cuando ocurre un esfuerzo de tensión o compresión provocado por flexión en el mismo lugar donde ocurre un esfuerzo cortante, las dos clases de esfuerzos se combinan para producir un esfuerzo cortante mayor. (Mott, 2006)

$$T_e = \sqrt{M^2 + T^2} \quad (3).$$

$$Tmax = T_e * kt / Z_p \quad (4)$$

$$Z_p = \pi D^3 / 16 \quad (5)$$

$$Td = S_y / 2N \quad (6)$$

Donde:

$T_e$ : Torsión equivalente

$T_{max}$ : Concentración de tensiones

$K_t$ : Constante de la cuña

$M$ : Momento flexión

$T$ : Momento torsión

$Z_p$  : Modulo de la sección polar

$D$ : Diámetro

$N$ : Factor de diseño

Como primer paso se debe realizar el diagrama de momentos como se expresa a continuación.

$$\sum M_A = 0$$

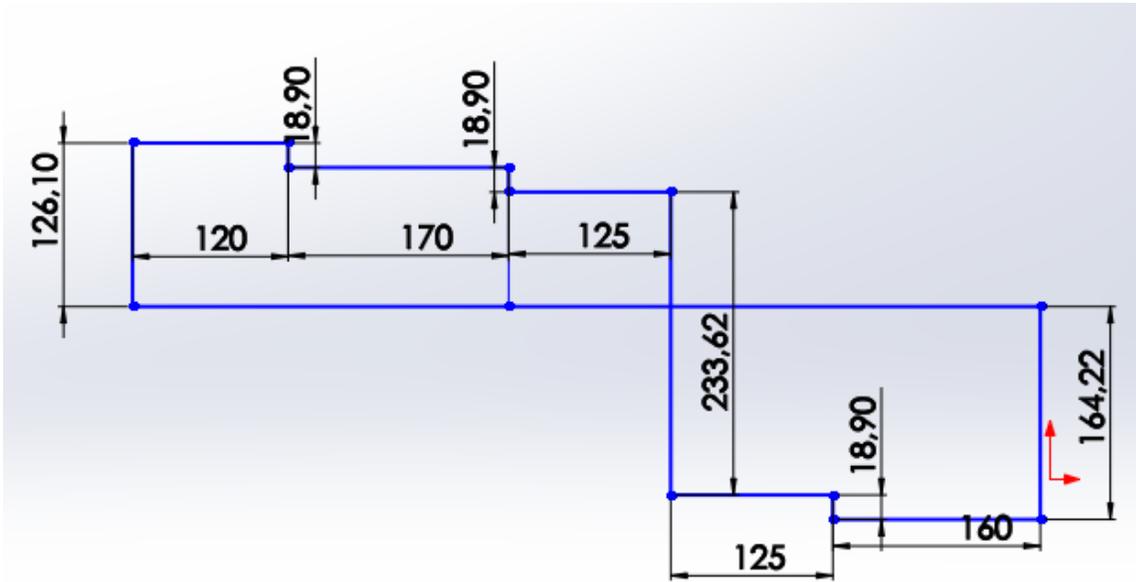
$$F_B * d + F_C * d + F_D * d + F_E * d - F_F * d = 0$$

$$189N * 0.12m + 189N * 0.29m + 2336.22N * 0.415m + 189N * 0.54 - F_F * 0.7 = 0$$

1149.08

$$F_F = 1641.54 \text{ N}$$

$$F_A = 1261.46 \text{ N}$$



**Figura 23.** Diagrama de fuerzas

Calcular el área con el fin de encontrar el diagrama de momento.

$$A_1 = 1261.46 \text{ N} * 0.12\text{m}$$

$$A_1 = 151.38\text{N} \cdot \text{m}$$

$$A_2 = 1072.46\text{N} * 0.17\text{m}$$

$$A_2 = 182.31\text{N} \cdot \text{m}$$

$$A_3 = 883.46\text{N} * 0.125\text{m}$$

$$A_3 = 110.43\text{N} \cdot \text{m}$$

$$A_4 = 1452.76\text{N} * 0.125\text{m}$$

$$A_4 = 181.595 N.m$$

$$A_5 = 1641.54 N * 0.16 m$$

$$A_5 = 262.52 N.m$$



**Figura 24.** Diagrama de momentos

Reemplazando en la fórmula 3.

$$T_e = \sqrt{M^2 + T^2}$$

$$T_e = \sqrt{(444.12)^2 + (59.34)^2}$$

$$T_e = 3965.36$$

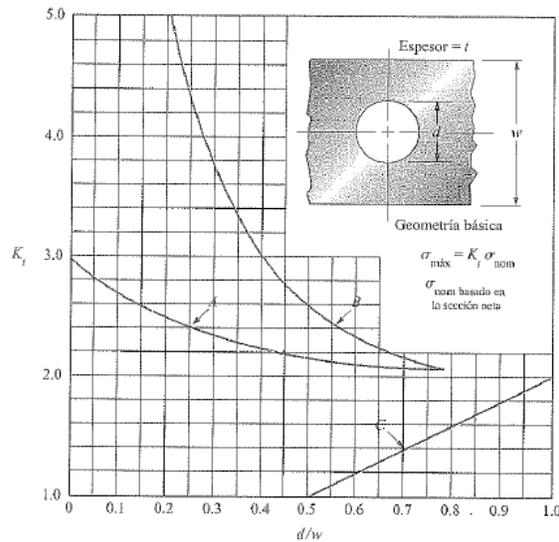
Reemplazando en la fórmula 5.

$$Z_p = \pi D^3 / 16$$

$$Z_p = \pi(0.0192m)^3 / 16$$

$$Z_p = 0.0000013897 \text{ m}^3$$

Para poder calcular la fórmula 4 se debe determinar el valor de  $k_t$  de acuerdo a la figura 28.



**Figura 25.** Grafica de valores de  $k_t$

Fuente: (Mott, 2006)

$$T_{max} = T_e * k_t / Z_p$$

$$T_{max} = \frac{3965.36 \text{ N.m} * 1.6}{0.0000013897 \text{ m}^3}$$

$$T_{max} = 4.57 \text{ GPa}$$

$$T_{max} = T_d = S_y / 2N$$

$$S_y = 4.57 \text{ GPa} * 2(4)$$

$$S_y = 36.56 \text{ MPa}$$

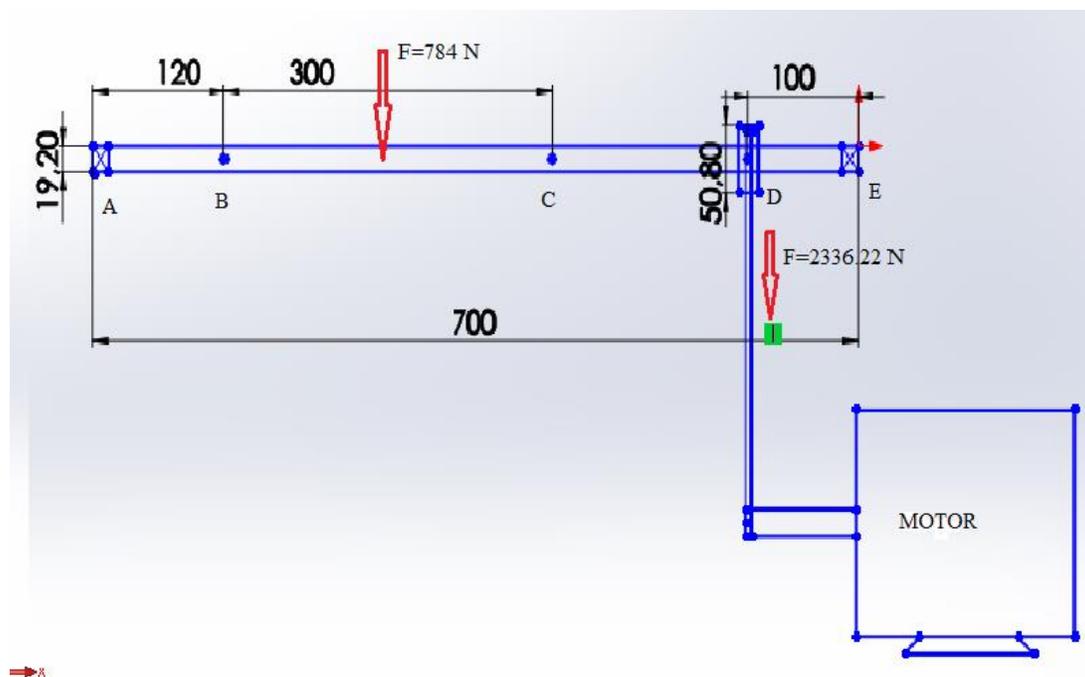
Una vez determinado el valor de  $S_y$  se busca un material de mayor o igual valor, para este caso se elige un acero inoxidable AISI 304 que tiene un valor de  $S_y = 190 \text{ GPa}$ , el cual cumple satisfactoriamente ante los esfuerzos producidos en el mecanismo de descascarado.

Se puede utilizar otro material con menor  $S_y$  pero para este caso la norma INEN RTE 131 establece que se debe trabajar con materiales no tóxicos debido a que está en contacto con los alimentos, además el diámetro de los rodamientos no permite disminuir el diámetro del eje, esto hace que se tenga un factor de seguridad elevado.

### **Fuerzas ejercidas sobre el eje de la banda transportadora**

A continuación, se detalla el análisis de fuerzas sobre el eje, considerando únicamente los elementos y cargas que están directamente sobre el eje.

Es necesario especificar un material adecuado para el eje mostrado en la figura 26, el eje se asume un diámetro de 19.2 mm y gira a 120 rpm producto de la potencia de 1 hp de un motor eléctrico, las fuerzas que se observa en la figura 26 corresponden a la fuerza necesaria para mover la banda transportadora con el plátano descascarado a máxima carga, los elementos montados sobre el eje se fijan por medio de una cuña, los cojinetes actúan como apoyos simples para el eje.



**Figura 26.** Fuerzas en el eje de banda transportadora

Se trabaja con la fórmula 1.

$$P = T \cdot n \quad (1)$$

Despejamos de la ecuación 1.

$$T = \frac{P}{n} = \frac{745.699 \text{ N.m/sg}}{4\pi \text{ rad/sg}}$$

$$T = 59.34 \text{ N.m}$$

Para Determinar la fuerza se despeja de la fórmula 2.

$$T = Fm \cdot d \quad (2)$$

$$Fm = \frac{T}{d} = \frac{59.34 \text{ N.m}}{0.0254\text{m}}$$

$$Fm = 2336.22 \text{ N}$$

Realizar la sumatoria de todas las fuerzas ( $F_t$ ) que actúan sobre el eje.

$$F_t = F + Fm$$

$$F_t = (784\text{N}) + 2336.22\text{N}$$

$$F_t = 3120.22\text{N}$$

Para determinar el tipo de material se procede de la misma manera que para el eje del mecanismo de descascarado, con la diferencia que se aplican las fuerzas que actúan sobre el eje de la banda transportadora como se observa en la figura 25.

Para este caso se utilizará un eje de acero inoxidable AISI 304 mismo que tiene un alto grado de resistencia a la sedancia  $S_y=190 \text{ GPa}$ , de la misma manera el limitante del diámetro son los rodamientos ya que no se puede disminuir debido a la carga que soporta cada uno de ellos.

### **Selección de rodamientos**

Los rodamientos se utilizarán para soportar cargas y a la vez permitir el movimiento rotatorio de los ejes, tanto para el mecanismo de descascarado, así como para las catalinas de la banda transportadora.

En la figura 27 se muestra la clasificación de los rodamientos según la carga a soportar.

Tipo de rodamiento	Gráfico	Capacidad de carga radial	Capacidad de carga de empuje
Una hilera de bolas con ranura profunda		Buena	Regular
Doble hilera de bolas, ranura profunda		Excelente	Buena

**Figura 27.** Comparación de tipos de rodamientos

Fuente: (Moreno, 2010)

Para el mecanismo de sellado y banda transportadora las cargas a soportar son de tipo radial es decir que actúan hacia el centro del rodamiento, las mismas que son producidas por los elementos de transmisión, para este caso se utilizara una hilera de bolas con ranura profunda.

Para la selección del rodamiento sometido a carga radial se especifica la carga de diseño que actúa sobre el mismo, para lo cual (Mott, 2006) utiliza la siguiente formula.

$$P = VR \quad (7)$$

Donde:

P: Carga equivalente

V: Factor de rotación, tiene valor 1 si gira la pista interior o 1.3 si gira la pista exterior.

R: Carga radial

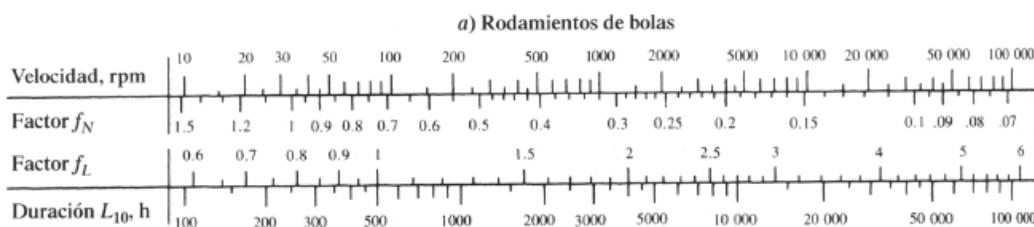
La capacidad de carga dinámica básica C, para un rodamiento que soporta una carga P se determina con la siguiente formula.

$$C = PfL/fN \quad (8)$$

Donde:

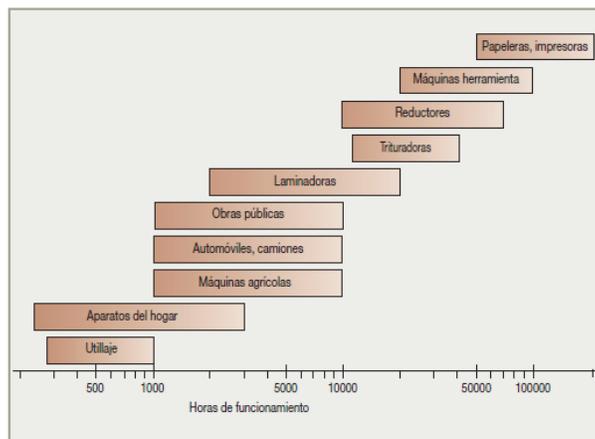
$f_L$ : factor de duracion

$f_N$ : factor de velocidad



**Figura 28.** Parámetros para  $f_L$  y  $f_N$

Según el anexo G la duración del rodamiento esta dado según la figura 28, es decir que el rodamiento del mecanismo de descascarado va depender de un motoreductor que gira a 120 RPM por lo tanto se tendrá una duración de 30000 horas.



**Figura 29.** Horas de trabajo - tipo de máquinas

## Selección de rodamiento de la banda transportadora

El rodamiento a utilizar en la fecha que permite el giro de la banda transportadora solo soporta cargas axiales para lo cual se utiliza los datos de la tabla 21.

**Tabla 21**

*Valor del rodamiento de la banda transportadora*

	<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>
R	Carga radial	3120.22
V	Factor por rotación	1
P	Carga equivalente	3120.22
fL	Factor por duración (10000)	2.4
fN	Factor de velocidad	0.65
C	Capacidad de carga	11520.81

Bajo esta carga se seleccionó un rodamiento de bolas de una hilera y ranura profunda S6302 y una capacidad de carga de 11400 N

### c) Diseño y selección del sistema eléctrico y de control

Para el diseño del sistema de control se realiza un análisis de acuerdo a las cargas determinadas en el diseño mecánico, así como en base a los catálogos de productos existentes en el mercado

#### Selección del motorreductor

Dados los requerimientos de velocidad se hace necesaria la implementación de un reductor mecánico con una relación bastante considerable teniendo conocimiento de las

elevadas velocidades que presentan los motores en el orden de las 1200 RPM en el mejor de los casos.



**Figura 30.** Motorreductor

Fuente: (Navas, 2014)

Debido a la confiabilidad y fácil instalación con diversas marcas comerciales de motores se implementará un reductor mecánico de la marca TRANSTECNO similar al de la Figura 30 cuyo detalle se extiende en el anexo B y para un control fino también se instalará un variador de frecuencia que proporcione un mayor ajuste de velocidad y control.

## **5.8 Discusión de resultados del prototipo automatizado**

### **5.8.1 Análisis de resultados**

Terminado el ensamblaje de las partes y mecanismos utilizados para el descascarado de plátano verde se procede a realizar las diferentes pruebas de funcionamiento, mismas que se detallan a continuación:

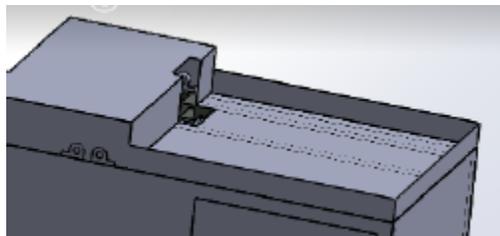
### a) Prueba de posicionamiento y sujeción de plátano verde

Para lograr una sujeción correcta del plátano verde es necesario cortar los extremos de la fruta como se muestra en la figura 31.



**Figura 31.** Plátano cortado los extremos

Para realizar las pruebas de sujeción es necesario tener el depósito lleno como se muestra en la figura 10.



**Figura 32.** Depósito de plátano verde

El ciclo parte con la extensión del actuador 1 que va desde la posición A0 hasta la posición A1, durante este proceso lleva la fruta al siguiente punto donde el actuador 2 se extiende y permite sujetar el producto, una vez terminado este proceso el actuador 1

retorna a su posición A0, presionando un fin de carrera que indica que el ciclo ha terminado.



**Figura 33.** Sujeción del plátano

Este proceso se lo ha realizado con una muestra de 10 plátanos como se muestra en la tabla 22.

**Tabla 22**

*Datos de pruebas al sistema de sujeción*

N°	Acierto	Fallo
1	x	
2	x	
3	x	
4	x	
5		x
6	x	
7	x	
8	x	
9	x	

**CONTINÚA**



10	x	
<b>Total</b>	9	1

### b) Prueba de descascarado del plátano verde

Cuando el plátano está sujeto, el motor paso a paso comienza a girar en intervalos de (8°) hasta completar una vuelta (360°), con ayuda del mecanismo biela – manivela se desplaza la cuchilla a lo largo del plátano, logrando desprender la pulpa.



**Figura 34.** Descascarado de plátano

Para realizar las pruebas de pelado se utilizará un grupo de 10 plátanos como se muestra en la tabla 23.

**Tabla 23**  
*Datos de pruebas al sistema de descascarado*

N°	Acierto	Fallo
1	x	
2	x	
3	x	

**CONTINÚA** 

4	x	
5	x	
6	x	
7	x	
8	x	
9		x
10	X	
<b>Total</b>	10	0

### c) Prueba de funcionamiento de la banda transportadora

Las pruebas realizadas a la banda transportadora son mediante la aplicación de cargas, para ello se coloca su máximo peso que sería 2 kg para lo cual fue diseñado y se observa si continúa con el movimiento o se detiene.



**Figura 35.** Banda transportadora

## 5.8.2 Discusión de resultados

### a) Resultado de posicionamiento y sujeción de plátano verde

Las pruebas realizadas al sistema de sujeción indican que 9 de cada 10 operaciones fueron correctas, lo cual indica que no existe un mayor desperdicio del producto.

#### **b) Resultado de pelado del plátano verde**

Las pruebas realizadas al sistema de descascarado indican que el mecanismo puede fallar uno de cada 10 unidades, esto se debe a que la fruta no presenta una curvatura uniforme debido a su genética.

#### **c) Resultado de funcionamiento de la banda transportadora**

La prueba realizada a la banda transportadora con su máximo peso no tuvo problema en su funcionamiento, es decir que puede trabajar a carga máxima sin tener ningún problema.

### **5.8.3 Comprobación de la hipótesis**

#### **a) Hipótesis**

¿Mediante el diseño y construcción de un prototipo automatizado para descascarado de plátano se disminuirá el tiempo y aumentará la cantidad de producción?

#### **b) Variables de la investigación.**

##### **Variable Independiente**

Diseño y construcción de un prototipo automatizado para descascarado de plátano verde.

## Variable Dependiente

Optimizar tiempo, mayor producción e higiene.

### c) Comprobación de hipótesis

Para validar la hipótesis se recolectó datos mediante entrevista directa y encuesta a las diferentes familias que se dedican a dicha actividad, es decir la cantidad (kilogramos) de plátanos descascarados en un día. En la tabla 24 se muestra los valores encuestados.

**Tabla 24**  
*Descascarado manual*

Encuesta	Kilos por día
1	300-400
2	300-400
3	300-400
4	200-300
5	200-300
6	300-400
7	200-300
8	200-300
9	200-300
10	300-400

Es decir, un operador entrenado logra descascarar un promedio de 300 kilogramos en un día, se debe considerar que se trabaja 8 horas, misma que se divide en:

Tiempo útil para descascarado 7 horas

Tiempo de descanso durante la jornada 30 minutos.

Tiempo de lunch 30 minutos.

Es decir que tarda un operador en descascarar un plátano 25s

A continuación, en la tabla 25 se muestra los valores tomados de la máquina.

**Tabla 25**

*Descascarado automatizado*

Sujetar plátano	Cortar extremos	Introducir plátano	Descascarar	Ubicar en recipientes	Total (seg)
1	2	1	15	2	21

Quedando posteriormente un tiempo de 21 segundos por cada plátano descascarado con la máquina realizada, dando un total de 384 kg de plátano descascarado por día, con un peso aproximado de 200 gramos por cada plátano.

Al realizar un análisis entre la tabla 24 y la tabla 25 se calcula que un operador entrenado logra descascarar 300 kg en un día, que viene a representar el 75 % del total de plátano necesario para cubrir la siguiente etapa de secado, mientras que con la máquina implementada se logra descascarar 384 kg en un día, que representa un 90%,

lo cual supera al método manual, de esta manera se logra mejorar la producción de la empresa, además se obtiene un producto con garantía de higiene.

**d) Comprobación de hipótesis empleando el método chi-cuadrado.**

Para comprobar la hipótesis del trabajo de investigación se aplicará el método estadístico chi-cuadrado para establecer una relación entre las variables dependientes e independientes de la hipótesis, relacionando la diferencia entre el conjunto de frecuencias observadas ( $f_o$ ) en una muestra y el conjunto de frecuencias teóricas ( $f_e$ ) en la misma.

Primero se debe formular los valores de frecuencias observadas mediante los datos obtenidos en la tabla 26.

Para mostrar de mejor manera se ha tomado una muestra de 100 plátanos pelados entre el sistema automatizado y un operador quedando la tabla 26

**Tabla 26**  
*Tiempo para descascarado*

	Bueno	Regular	Malo	Total (seg)
Automatizado	46	7	1	55
Manual	29	10	7	45
Total	70	25	5	100

Para este caso se trabaja con un nivel de confianza del 90 %, es decir un error del 0.1, para ello se busca el número de grados de libertad mediante la (ecuación 9).

$$n = (\#c - 1) * (\#f - 1) \quad (9)$$

Dónde:

#c: número de columnas

#f: número de filas

$$n = (3 - 1) * (2 - 1)$$

$$n = 2$$

De acuerdo a la figura 14 el valor de chi-cuadrado para (n=2), es de 4,60.

DISTRIBUCION DE  $\chi^2$

Grados de libertad	Probabilidad										
	0,95	0,90	0,80	0,70	0,50	0,30	0,20	0,10	0,05	0,01	0,001
1	0,004	0,02	0,06	0,15	0,46	1,07	1,64	2,71	3,84	6,64	10,83
2	0,10	0,21	0,45	0,71	1,39	2,41	3,22	4,60	5,99	9,21	13,82
3	0,35	0,58	1,01	1,42	2,37	3,66	4,64	6,25	7,82	11,34	16,27
4	0,71	1,06	1,65	2,20	3,36	4,88	5,99	7,78	9,49	13,28	18,47
5	1,14	1,61	2,34	3,00	4,35	6,06	7,29	9,24	11,07	15,09	20,52
6	1,63	2,20	3,07	3,83	5,35	7,23	8,56	10,64	12,59	16,81	22,46
7	2,17	2,83	3,82	4,67	6,35	8,38	9,80	12,02	14,07	18,48	24,32
8	2,73	3,49	4,59	5,53	7,34	9,52	11,03	13,36	15,51	20,09	26,12
9	3,32	4,17	5,38	6,39	8,34	10,66	12,24	14,68	16,92	21,67	27,88
10	3,94	4,86	6,18	7,27	9,34	11,78	13,44	15,99	18,31	23,21	29,59
No significativo									Significativo		

**Figura 36.** Tabla Chi-cuadrado

Una vez obtenido el valor por tabla del chi-cuadrado se procede a formular la hipótesis nula ( $H_0$ ) y la hipótesis de trabajo ( $H_1$ ).

Donde:

$H_0$ : La implementación de un sistema automatizado para descascarado de plátano verde no influye en mejorar el tiempo y la producción.

$H_1$  El sistema automatizado para descascarado de plátano verde influye en mejorar el tiempo y por ende la producción.

Posteriormente se procede a elaborar la tabla de contingencia ver tabla 27, para lo cual se debe aplicar la siguiente formula.

$$x^2 = \sum \frac{(f_0 - f_e)^2}{f_e}$$

**Tabla 27**  
*Tabla de contingencia*

	$f_0$	$f_e$	$f_0 - f_e$	$(f_0 - f_e)^2$	$\frac{(f_0 - f_e)^2}{f_e}$
<b>Automatizado bueno</b>	46	40,500	5,500	30,250	0,747
<b>Automatizado regular</b>	7	9,180	-2,180	4,752	0,518
<b>Automatizado malo</b>	1	4,320	-3,320	11,022	2,551
<b>Manual bueno</b>	29	34,500	-5,500	30,250	0,877
<b>Manual regular</b>	10	7,820	2,180	4,752	0,608
<b>Manual malo</b>	7	3,680	3,320	11,022	2,995

CONTINÚA



<b>Total</b>	8,29
--------------	------

Donde el valor calculado es mayor que el valor crítico.

$$f_0 > f_1.$$

$$8,29 > 4,6$$

Por lo tanto se elimina la hipótesis  $H_0$ , dando validez a  $H_1$ , y demostrando que el proyecto fue positivo al implementarlo, debido a que influye la técnica utilizada para el descascarado de plátano verde por ende es necesario una prototipo automatizado que ayude a mejorar los tiempos de producción. Validando así la hipótesis planteada.

#### **e) Norma ecuatoriana para alimentos**

Según establece la norma RTE INEN 100 ver (Anexo F ), que los materiales directos y artículos plásticos confinados a estar en contacto con los alimentos no deben transferir sus componentes a los productos alimenticios en cantidades superiores a 10 miligramos por decímetro cuadrado de superficie de los materiales, para el presente proyecto se ha elaborado con aceros inoxidable lo cual cumple con esta norma, de esta manera se valida que la máquina implementada está bajo normas ecuatorianas que ayudan a mantener el higiene en los alimentos.

## CONCLUSIONES

- Se diseñó e implemento un prototipo automatizado para descascarado de plátano verde: el sistema consta de dos partes, la primera es la encargada de retirar la cáscara de la pulpa, la segunda transporta el producto hacia las cubetas para su posterior almacenamiento.
- Se demostró que el prototipo para descascarado de plátano verde genero una producción del 75%, debido a que el plátano debe ser seleccionado los de curvatura muy pronunciada no se pueden descascarar en el prototipo.
- Se verifico que con ayuda del prototipo es posible la capacitación de pelado para no sobrepasar el grosor de cáscara y pulpa del producto.
- Se eliminó el 50% de las tareas repetitivas que puede causar estrés a las personas a futuro.
- Se modelo mediante un software de diseño asistido por computador (CAD), todos los mecanismos y partes del prototipo, mismo que permitirá adaptarse a un mejoramiento continuo y realizar los respectivos análisis estáticos.
- Se realizó el proceso de calibración y ajustes al prototipo para plátano de 15cm de largo, para asegurar el corte con el desplazamiento de la cuchilla.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda tomar el diseño del prototipo como aporte para realizar una futura versión mejorada debido a que no fue posible cortar todo el plátano por sus curvaturas pronunciadas.
- Utilizar software que permita simular el prototipo con el fin de corregir fallas antes de su implementación.
- Realizar labores de limpieza una vez finalizada la jornada, debido a que la pulpa se adhiere a los elementos.
- Utilizar el manual de operación (Anexo I) para el correcto funcionamiento del prototipo.
- Asegurar que no se encuentre elementos que no sean del prototipo, debido a que podría ocasionar obstrucción en el transporte del producto, así como una colisión en el mecanismo biela - manivela.
- No sobrepasar el peso máximo de la banda transportadora, ya que su diseño es para el transporte de 784N.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abb. (enero de 2018). Variadores de frecuencia. Recuperado el 15 de enero de 2018, de <http://new.abb.com/drives/es>
- Accesos, c. (23 de abril de 2008). Rss 2.0. Recuperado el 2 de mayo de 2016, de <http://control-accesos.es/scada/%c2%bfque-es-un-sistema-scada>
- Acosta, c. (2015). Diseño de máquina rebanadora de camote con una capacidad de 450 kg/h. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Aimacaña, h., & albarracìn, d. (2008). Diseño y construcción de una máquina peladora de chochos hidratados. Proyecto previo a la obtención del título de ingeniero mecánico. Quito, Pichincha.
- Aquilino, r. P. (2007). Sistemas scada 2da ed. Barcelona, España: Marcombo.
- Arduino.cl. (julio de 2017). Recuperado el 2018 de enero de 3, de [arduino.cl: http://arduino.cl/arduino-mega-2560/](http://arduino.cl/arduino-mega-2560/)
- Asociación Nacional del café. (2007). Cultivo de plátano. Recuperado el 17 de diciembre de 2015, de [https://www.anacafe.org/glifos/index.php/cultivo\\_de\\_platano](https://www.anacafe.org/glifos/index.php/cultivo_de_platano)
- Astorga Zaragoza, C., & Longoria Ramirez, R. (2006). Diseño de una estación de monitoreo de procesos. Aplicación a una columna de destilación. Centro Nacional de Investigación - Cuernavaca.
- Budynas, R., & Keith, N. (2008). Diseño en ingeniería mecánica de Shigley. México, D.F.: Mcgraw-Hill Interamericana.

Buena salud. (2010). Propiedades del plátano verde. Recuperado el 5 de enero de 2018, de buena salud: <https://www.buenasalud.net/2015/02/10/propiedades-del-platano-verde.html>

Castro, C. (agosto de 2012). Recuperado el 2 de mayo de 2016, de <http://www.uco.es/investiga/grupos/eatco/automatica/ihtm/descargar/scada.pdf>

Ceaaces. (2015). Modelo genérico de evaluación del entorno de aprendizaje de carreras presenciales y semipresenciales de las Universidades y Escuelas Politécnicas del Ecuador. (CEEACES, ed.) Consejo de Evaluación, Acreditación y Aseguramiento de la Calidad de la Educación Superior, 1-5.

Ceaaces. (2015). Resolución n° 065 - CEEACES - SO - 04 -2015. Consejo de Evaluación, Acreditación y Aseguramiento de la Calidad de la Educación Superior, 1-3.

Cerro Aguilar, E. (2004). Comunicaciones Industriales. S.I. Ediciones Ceysa.

Cèspedes, M. (2016). Diseño de una máquina para pelado y corte de papa. Recuperado el 5 de enero de 2018, de repositorio Universidad La Salle: [http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/18978/45101000\\_2016.pdf?sequence=1](http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/18978/45101000_2016.pdf?sequence=1)

Contitech. (mayo de 2016). Manual de ingeniería. Recuperado el 16 de enero de 2018, de <https://rafaelramirezr.files.wordpress.com/2016/05/manual-ingenieria-bandas-transportadoras.pdf>

Corrales, I. (diciembre de 2007). Recuperado el 5 de febrero de 2018, de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/10020/2/parte%202.pdf>

Cotransa. (diciembre de 2009). Cotransa.net. Recuperado el 5 de febrero de 2018, de

Cotransa.net:

[https://www.cotransa.net/catalogo/sac09\\_cotransa\\_catalogo\\_actuadores\\_lineales\\_velocidad\\_alta.pdf](https://www.cotransa.net/catalogo/sac09_cotransa_catalogo_actuadores_lineales_velocidad_alta.pdf)

Cox, A. (2010). Norma rte inen 131. Norma Inen.

Dassault systèmes. (2018). Tensión y deformación unitaria. Recuperado el 18 de

diciembre de 2017, de Solidworks.com:

[http://help.solidworks.com/2018/spanish/solidworks/cworks/c\\_stress\\_strain.htm?verredirect=1](http://help.solidworks.com/2018/spanish/solidworks/cworks/c_stress_strain.htm?verredirect=1)

Dipac. (2016). Dipac. Recuperado el 18 de diciembre de 2018, de Dipacmanta:

<http://www.dipacmanta.com/>

Dittmar, R. &. (2016). A lab for Undergraduate Control Engineer Education Equipped with

Industrial Distributed Control Systems. Computer Applications in Engineering Education, 288-296.

Dreamstime. (8 de julio de 2013). Manzana pelada con el cuchillo. Recuperado el 5 de

Enero de 2018, de dreamstime: <https://es.dreamstime.com/fotograf%c3%ada-de-archivo-libre-de-regal%c3%adas-manzana-pelada-con-el-cuchillo-image32151567>

El comercio. (2 de abril de 2011). Tres tipos de plátano se cosechan. El comercio.

Elsevier. (2011). Scopus. Recuperado el 3 de mayo de 2016, de Scopus:

<http://www.americalatina.elsevier.com/corporate/es/scopus.php>

- Fernández, J. (30 de agosto de 2015). La industrialización del plátano. Recuperado el 5 de febrero de 2018, de abc canarias: <http://www.abc.es/local-canarias/20150830/abci-platano-industria-belda-201508301509.html>
- Festo. (2018). Actuadores neumáticos. Recuperado el 3 de enero de 2018, de [https://www.festo.com/cat/es\\_es/products\\_010200](https://www.festo.com/cat/es_es/products_010200)
- Fierro, N., & García, d. (2011). Proyecto de inversión para la creación de una empresa productora de harina de plátano, en el Cantón caluma, Provincia Bolivar, año 2011. Guaranda: Universidad Tecnica de Cotopaxi.
- Flores, w. (2013). Manual técnico para el procesamiento tradicional del plátano. San José: Fontagro ftg.
- García, O. (26 de julio de 2014). Motores eléctricos. Recuperado el 21 de marzo de 2018, de tecnología sexto grado r. G. H.: <http://tecnologiasextorgh2014.blogspot.com/2014/07/motores-electricos.html>
- Guerrero V., y. R. (2010). Comunicaciones industriales. México: Alfaomega.
- Hernández, I., & vit, p. (2009). El plátano - un cultivo tradicional con importancia nutricional. Fuerza Farmacéutica, 1-14.
- Hetpro. (2018). Hetpro. Recuperado el 18 de marzo de 2018, de <https://hetpro-store.com/kit-de-sensores-37-en-1-con-caja/>
- Ibarra, M., Núñez, e., & Huerta, J. (2010). Manual de aceros inoxidables para soldadores - Indura. Cerrillos: Indura.

- Jumbo, M. (2010). "creación de un consorcio de exportación de pequeños productores de plátano barraganete en el carmen para la comercialización directa hacia holanda en el periodo 2010 - 2019. Quito: universidad tecnológica equinoccial.
- Juregui, I. (26 de agosto de 2011). Diseño y selección del mando a correas en v. Recuperado el 18 de febrero de 2018, de slideshare: <https://es.slideshare.net/xaxapoyas/diseo-y-seleccin-del-mando-a-correas-en-v>
- Lainnova. (2007). Tajadas fritas de plátanos para exportación. Lainnova, 4-9.
- Litoral, E. S. (2009). Planta deshidratadora de banano usando secador de gabinetes para la producción de harina. Escuela Superior Politecnica del Litoral.
- Logicbus. (2017). Automatización industrial. Recuperado el 12 de diciembre de 2017, de <http://www.logicbus.com.mx/index.php>
- Martínez, A. (9 de marzo de 2013). Chavetas. Recuperado el 18 de diciembre de 2017, de slideshare: <https://es.slideshare.net/12beto12/chavetas>
- Mena, D., & Jácome, C. (2015). Diseño y construcción de una máquina peladora de papas con capacidad de 100 kg/h. Quito: Universidad Politecnica Salesiana.
- Morales, H. (13 de septiembre de 2010). Industrialización del plátano. Recuperado el 15 de febrero de 2018, de plátano del quindío: <http://www.platanodelquindio.com/2010/09/industrializacion.html>
- Morcillo Ruiz, p., & Cocera Rueda, j. (2000). Comunicaciones industriales. S.a. Paraninfo.
- Moreno, E. (2010). Diseño de una máquina empaquetadora, dosificadora y selladora de fundas de arroz. Quito: ninguno.

Mott, R. (2006). Diseño de elementos de máquinas. Naucalpan: Pearson.

Mott, R. L. (2009). Resistencia de materiales . México D.F: Pearson Educación .

Navarrete, p. (17 de julio de 2013). El poderoso verde ecuatoriano. Recuperado el 5 de marzo de 2018, de Paula: <http://www.paula.cl/gastronomia/el-poderoso-verde-Ecuatoriano/>

Navas, M. (2014). Diseño e implementación de un sistema de ovoscopía con visión artificial para la detección de huevos fértiles para Incubaandina. Latacunga : .

Odar, j. (2014). Mejora de la productividad en la empresa vivar sac. Chiclayo: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.

Pacavita, M., Gutierrez, D., & Escorcía, j. (11 de junio de 2010). Xxvi muestra de máquinas y prototipos. Recuperado el 5 de enero de 2018, de slideshare: <https://es.slideshare.net/diales/mquina-peladora-y-cortadora-de-papas>

Panamahitek. (2017). Servomotores. Recuperado el 17 de Noviembre de 2017, de <http://panamahitek.com/que-es-y-como-funciona-un-servomotor/>

Paz, R., & Pesantez, Z. (2013). Potencialidad del plátano verde en la nueva matriz productiva del ecuador. Revista científica Yachana, 203-210.

Pere, A. G. (2014). Epsevg. Recuperado el 15 de marzo de 2018, de epsevg: <https://www.epsevg.upc.edu/hcd/material/lecturas/interfaz.pdf>

Pinos, W. (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: Universidad Técnica De Dotopaxi.

Pro Ecuador. (2015). Análisis sectorial del plátano. Pro Ecuador, 15.

Quevedo, A. (2015). Analisis y diseño de un apero cosechador de papas para el motocultor yto df 15l de propiedad del magap. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de.

Quinche, D. (2014). Diseño y construcción de una máquina rebanadora de banano verde para productores artesanales de frituras. Ibarra: Universidad Técnica Del Norte.

Ramos, F. (20 de septiembre de 2015). Motores electricos. Recuperado el 12 de febrero de 2018, de slideshare: <https://es.slideshare.net/faustoaramospuc/mantenimiento-a-motor-electrico>

Rivera, E. (2015). Diseño y construcción de un sistema automatizado de tratamiento térmico de arroz apilado. Latacunga, Cotopaxi.

Robles, K. (2007). Harina y productos del plátano. Colombia: Universidad Del Valle.

Rodríguez Pelin, A. (2008). Comunicaciones industriales - guía practica. Barcelona - España: S.A Marcombo.

Rodríguez, F. (14 de diciembre de 2011). El pelado del plátano. Recuperado el 14 de enero de 2018, de grupo de ingeniería de alimentos: [http://grupos.emagister.com/debate/el\\_pelado\\_industrial\\_del\\_platano\\_verde/1685-814027](http://grupos.emagister.com/debate/el_pelado_industrial_del_platano_verde/1685-814027)

Rodríguez, F. (19 de febrero de 2012). Grupo de ingeniería de alimentos. Recuperado el 19 de diciembre de 2017, de [grupos.emagister.com](http://grupos.emagister.com):

[http://grupos.emagister.com/debate/el\\_pelado\\_industrial\\_del\\_platano\\_verde/1685-814027/p3](http://grupos.emagister.com/debate/el_pelado_industrial_del_platano_verde/1685-814027/p3)

Romiter Group. (05 de julio de 2017). Máquina de pelar plátano verde de doble entrada. Recuperado el 5 de enero de 2018, de <http://www.bananaprocess.com/es/maquina-de-pelar-de-platano-verde-de-doble-entrada/>

Romiter Group. (13 de mayo de 2017). Máquina para pelar verde de una sola entrada. Recuperado el 8 de enero de 2018, de Romiter: <http://www.bananaprocess.com/es/maquina-de-pelar-de-platano-verde-de-la-sola-entrada/>

Salazar Ser , C., & Correa Ortiz, I. (2011). Buses de campo y protocolos en redes industriales. Universidad De Manizales.

Segovia, M. (17 de Noviembre de 2015). Sujetadores roscados. Recuperado el 18 de Diciembre de 2017, de prezi: <https://prezi.com/he0vlpnzv2jl/sujetadores-roscados/>

Siemens. (S.F.). W5.siemens.com. Recuperado el 25 de abril de 2016, de [http://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/com\\_industriales/pa-ges/comunicaciones\\_industriales.aspx](http://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/com_industriales/pa-ges/comunicaciones_industriales.aspx)

Stolz S.A. (2017). Productos y servicios de maquinaria. Recuperado el 20 de noviembre de 2017, de <http://www.stolza.com/stolz>

Tecnología. (2014). Recuperado el 2 de mayo de 2016, de <http://tecnologia-facil.com/que-es/que-es-ethernet/>

Tomra. (2017). Peladora a vapor Odyssey. Recuperado el 17 de diciembre de 2017, de tomra: <https://www.tomra.com/es/sorting/food/peeling-equipment/odyssey/>

Unisima. (2017). Platano verde: propiedades, beneficios y usos. Recuperado el 17 de diciembre de 2017, de Unisima.com: <https://unisima.com/salud/platano-verde/>

Vanegas, I. (2010). Rodamientos. Pereira: Ivan Bohman C.A.

Vieira. (19 de Septiembre de 2014). Pelado. Recuperado el 21 de enero de 2018, de slideshare: [https://es.slideshare.net/michellevieira\\_eng/pelado](https://es.slideshare.net/michellevieira_eng/pelado)

Weg Industries. (2017). Selección y aplicación de motores eléctricos. Recuperado el 5 de Enero de 2018, de <http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/weg-seleccion-y-aplicacion-de-motores-electricos-articulo-tecnico-espanol.pdf>

Williams, G. (2014). Analizing Scada to Understand the contribution of hydraulic pressures to trunk - main frailure. *Procedia Engineering*, 1452-1459.

Yvsial. (2018). Recuperado el 19 de Enero de 2018, de Yvsial: <http://lyvsial.com/productos/perfiles-de-acero-inoxidable-castellon/>

# ANEXOS

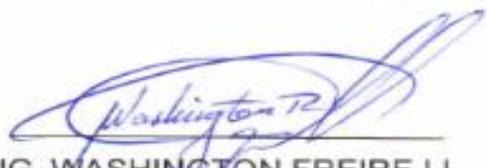


**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA**

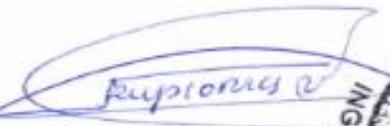
**CERTIFICACIÓN**

Certifico que el trabajo de titulación, **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO AUTOMATIZADO PARA DESCASCARADO DE PLÁTANO VERDE”** ha sido realizado por el señor **Molina Jiménez, Pablo Xavier** el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE.

En la ciudad de Latacunga, a los 18 días del mes de julio del 2018.

  
ING. WASHINGTON FREIRE LL.  
DIRECTOR DEL PROYECTO

Aprobado por

  
ING. KATYA TORRES  
DIRECTORA DE CARRERA



  
DR. RODRIGO VACA  
SECRETARIO ACADÉMICO

