



**Repotenciación de un sistema alisador de plástico, para aumentar la producción de plástico en la empresa PLASTICOTOPAXI, mediante el uso de un motorreductor y aparatos de control electrónicos**

Evas Caizaguano, Sergio Patricio y Pilca Vellicela, Bryan Alexis

Departamento de Eléctrica y Electrónica

Carrera de Tecnología Superior en Electromecánica

Monografía, previo a la obtención del título de Tecnólogo Superior en electromecánica

Ing. Lara Jacome, Oscar Rodrigo

Latacunga

19 de agosto del 2021



**Departamento de eléctrica y electrónica**  
**Carrera de tecnología superior en electromecánica**

**Certificación**

Certifico que la monografía, **“Repotenciación de un sistema alisador de plástico, para aumentar la producción de plástico en la empresa PLASTICOTOPAXI, mediante el uso de un motorreductor y aparatos de control electrónicos”** fue realizado por los señores **Evas Caizaguano, Sergio Patricio y Pilca Vellicela, Bryan Alexis** la cual ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 13 de agosto del 2021



Firmado electrónicamente por:  
**OSCAR RODRIGO  
LARA JACOME**

**Ing. Lara Jacome, Oscar Rodrigo**

C. C.: 0502960594

## Reporte de verificación Urkund



### Urkund Analysis Result

Analysed Document: Alexis-Pilca-Sergio-Evas PROTECTO TECNICO.docx (D111231614)  
Submitted: 8/13/2021 6:55:00 AM  
Submitted By: orlara@espe.edu.ec  
Significance: 9 %

#### Sources included in the report:

Tesis Liliana Chacha.docx (D64734770)  
Tesis Toapanta-Toaquiza.docx (D77306143)  
<https://docplayer.es/205834047-Complejo-equidor-oficina-11-av-pdt-carlos-julio-rosemena-tola-tel-02-sede-guayaquil-ecuador.html>  
[http://repositorio.uti.edu.ec/bitstream/123456789/1422/1/TESIS%20RODR%20C3%8DGUEZ%20VILLARROEL%20HENRY%20VINICIO.pdf?fbclid=IwAR3Lx\\_srZmJuhv7r24IIHRpcsMEvSYAw70Vs5mleJAHyCjkdDx\\_RXvVjVog](http://repositorio.uti.edu.ec/bitstream/123456789/1422/1/TESIS%20RODR%20C3%8DGUEZ%20VILLARROEL%20HENRY%20VINICIO.pdf?fbclid=IwAR3Lx_srZmJuhv7r24IIHRpcsMEvSYAw70Vs5mleJAHyCjkdDx_RXvVjVog)

#### Instances where selected sources appear:

6



Firmado electrónicamente por:  
**OSCAR RODRIGO  
LARA JACOME**

.....  
**Ing. Lara Jacome, Oscar Rodrigo**

C. C.: 0502960594



**Departamento de eléctrica y electrónica**  
**Carrera de tecnología superior en electromecánica**

**Responsabilidad de autoría**

Nosotros, **Evas Caizaguano, Sergio Patricio**, con cédula de ciudadanía n°1727640292 y **Pilca Vellicela, Bryan Alexis** con cédula de ciudadanía n°1723364210, declaramos que el contenido, ideas y criterios de la monografía: **“Repotenciación de un sistema alisador de plástico, para aumentar la producción de plástico en la empresa PLASTICOTOPAXI, mediante el uso de un motorreductor y aparatos de control electrónicos”** es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

**Latacunga, 19 de agosto del 2021**

**Evas Caizaguano, Sergio Patricio**

C.C.: 1727640292

**Pilca Vellicela, Bryan Alexis**

C.C.: 1723364210



Departamento de eléctrica y electrónica  
Carrera de tecnología en electromecánica  
Autorización

Nosotros, **Evas Caizaguano, Sergio Patricio y Pilca Vellicela, Bryan Alexis** autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar la monografía: “**Repotenciación de un sistema alisador de plástico, para aumentar la producción de plástico en la empresa PLASTICOTOPAXI, mediante el uso de un motorreductor y aparatos de control electrónicos**” en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Latacunga, 19 de agosto del 2021

**Evas Caizaguano, Sergio Patricio**

C.C.: 1727640292

**Pilca Vellicela, Bryan Alexis**

C.C.: 1723364210

<b>Tabla de contenido</b>	
<b>Carátula.....</b>	<b>1</b>
<b>Certificación.....</b>	<b>2</b>
<b>Reporte de verificación Urkund.....</b>	<b>3</b>
<b>Responsabilidad de autoría.....</b>	<b>4</b>
<b>Autorización.....</b>	<b>5</b>
<b>Tabla de contenido.....</b>	<b>6</b>
<b>Índice de figuras.....</b>	<b>9</b>
<b>Índice de tablas.....</b>	<b>12</b>
<b>Resumen.....</b>	<b>13</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>14</b>
<b>Introducción.....</b>	<b>15</b>
<b>Antecedentes.....</b>	<b>15</b>
<b>Planteamiento del problema.....</b>	<b>17</b>
<b>Justificación e importancia.....</b>	<b>19</b>
<b>Objetivos.....</b>	<b>21</b>
<i>Objetivo general.....</i>	<i>21</i>
<i>Objetivos específicos.....</i>	<i>21</i>
<b>Alcance.....</b>	<b>21</b>
<b>Marco teórico.....</b>	<b>23</b>
<b>Sistema alisador de plástico.....</b>	<b>23</b>
<b>Componentes del sistema alisador de plástico.....</b>	<b>24</b>
<i>Calandra de tiraje.....</i>	<i>24</i>
<i>Rodillo de goma.....</i>	<i>25</i>
<i>Motor eléctrico trifásico c/a.....</i>	<i>25</i>

Tipos de conexiones de motores trifásicos.....	26
<i>Conexión delta</i> .....	27
<i>Conexión estrella</i> .....	27
<i>Caja reductora</i> .....	28
Tipos de cajas reductoras.....	28
<i>Sinfín corona</i> .....	28
<i>Engranajes helicoidales</i> .....	29
<i>Cadena motriz</i> .....	30
<i>Conductores</i> .....	30
Tablero de control.....	31
<i>Interruptor termomagnético</i> .....	32
<i>Contactador</i> .....	33
<i>Variador de frecuencia</i> .....	34
<i>Luces piloto</i> .....	34
<i>Selector</i> .....	35
Materia prima para la fabricación de plástico .....	35
Selección de elementos .....	37
Motor eléctrico .....	37
Caja reductora sinfín corona.....	40
Contactador .....	43
Variador de frecuencia .....	46
Interruptor termomagnético .....	50
Conductor.....	52
<i>Conductor eléctrico para la alimentación del motor</i> .....	53
Selección de luces piloto .....	55

Selección de selector .....	56
Selección del potenciómetro .....	56
Selección de pulsadores .....	57
Desarrollo del Proyecto .....	58
Simulación del sistema eléctrico en CADESIMU .....	58
Instalación del tablero de control .....	59
Instalación del motorreductor.....	64
Lubricación del reductor de velocidad.....	68
Configuración del Variador de Frecuencia .....	68
Funcionamiento y pruebas .....	74
Funcionamiento del sistema alisador de plástico .....	74
<i>Funcionamiento del selector .....</i>	<i>74</i>
<i>Funcionamiento del variador de frecuencia.....</i>	<i>74</i>
<i>Funcionamiento del potenciómetro electrónico de 10 K <math>\Omega</math> .....</i>	<i>75</i>
<i>Funcionamiento del motorreductor .....</i>	<i>75</i>
<i>Funcionamiento de los rodillos de tiraje .....</i>	<i>75</i>
<i>Capacidad de producción.....</i>	<i>77</i>
Conclusiones y Recomendaciones.....	79
Conclusiones .....	79
Recomendaciones .....	81
Bibliografía.....	82
Anexos .....	86

## Índice de figuras

<b>Figura 1</b> <i>Esquema de extrusión de película soplada</i> .....	<b>23</b>
<b>Figura 2</b> <i>Calandra de tiraje</i> .....	<b>24</b>
<b>Figura 3</b> <i>Rodillo de goma</i> .....	<b>25</b>
<b>Figura 4</b> <i>Motor eléctrico</i> .....	<b>25</b>
<b>Figura 5</b> <i>Partes del motor eléctrico</i> .....	<b>26</b>
<b>Figura 6</b> <i>Datos de placa de un motor eléctrico</i> .....	<b>26</b>
<b>Figura 7</b> <i>Tipos de conexiones de bobinas en motores eléctricos</i> .....	<b>27</b>
<b>Figura 8</b> <i>Motor-reductor</i> .....	<b>28</b>
<b>Figura 9</b> <i>Caja reductora sinfín corona</i> .....	<b>29</b>
<b>Figura 10</b> <i>Caja reductora de engranes helicoidales</i> .....	<b>29</b>
<b>Figura 11</b> <i>Cadena motriz</i> .....	<b>30</b>
<b>Figura 12</b> <i>Tablero de comando</i> .....	<b>32</b>
<b>Figura 13</b> <i>Interruptores termomagnéticos</i> .....	<b>32</b>
<b>Figura 14</b> <i>Contactador</i> .....	<b>33</b>
<b>Figura 15</b> <i>Variador de frecuencia Powtran</i> .....	<b>34</b>
<b>Figura 16</b> <i>Luces piloto</i> .....	<b>34</b>
<b>Figura 17</b> <i>Selector de tres posiciones</i> .....	<b>35</b>
<b>Figura 18</b> <i>Motor eléctrico adquirido para el proyecto</i> .....	<b>38</b>
<b>Figura 19</b> <i>Caja reductora adquirida para el proyecto</i> .....	<b>42</b>
<b>Figura 20</b> <i>Categorías de los contactores según la norma IEC947-4-1</i> .....	<b>43</b>
<b>Figura 21</b> <i>Contactador adquirido</i> .....	<b>46</b>
<b>Figura 22</b> <i>Nomenclatura del modelo de variador de frecuencia Powtran PI500A</i> .....	<b>48</b>
<b>Figura 23</b> <i>Variador de frecuencia adquirido</i> .....	<b>49</b>
<b>Figura 24</b> <i>Interruptor termomagnético adquirido</i> .....	<b>52</b>

<b>Figura 25</b> <i>Sección de conductores en función de la distancia y corriente de consumo</i> .54	<b>.54</b>
<b>Figura 26</b> <i>Luces piloto</i> .....56	<b>.56</b>
<b>Figura 27</b> <i>Selector de 2 posiciones</i> .....56	<b>.56</b>
<b>Figura 28</b> <i>Potenciómetro de 10 Kilohmios</i> .....57	<b>.57</b>
<b>Figura 29</b> <i>Pulsadores</i> .....57	<b>.57</b>
<b>Figura 30</b> <i>Esquema de fuerza y control para el arranque del motorreductor</i> .....58	<b>.58</b>
<b>Figura 31</b> <i>Tablero de control antiguo</i> .....59	<b>.59</b>
<b>Figura 32</b> <i>Ubicación de los elementos de control y protección dentro del tablero</i> .....60	<b>.60</b>
<b>Figura 33</b> <i>Ubicación de pulsadores, pilotos, selector y potenciómetro en el tablero</i> .....61	<b>.61</b>
<b>Figura 34</b> <i>Conexiones del circuito de control</i> .....61	<b>.61</b>
<b>Figura 35</b> <i>Diagrama de cableado del variador de frecuencia PI150</i> .....63	<b>.63</b>
<b>Figura 36</b> <i>Ubicación del tablero de control en la estructura correspondiente</i> .....64	<b>.64</b>
<b>Figura 37</b> <i>Motor trifásico sin la tapa delantera</i> .....65	<b>.65</b>
<b>Figura 38</b> <i>Ubicación de la caja reductora sobre el eje del motor</i> .....65	<b>.65</b>
<b>Figura 39</b> <i>Acople de la caja reductora al motor</i> .....66	<b>.66</b>
<b>Figura 40</b> <i>Conexión en triángulo de los bornes del motor</i> .....66	<b>.66</b>
<b>Figura 41</b> <i>Toma de medidas de distancia entre los orificios de la caja reductora</i> .....67	<b>.67</b>
<b>Figura 42</b> <i>Ubicación y fijación del motorreductor sobre la estructura</i> .....67	<b>.67</b>
<b>Figura 43</b> <i>Display y teclas del variador de frecuencia PI150</i> .....68	<b>.68</b>
<b>Figura 44</b> <i>Teclas y funciones del variador de frecuencia Powtran PI500</i> .....69	<b>.69</b>
<b>Figura 45</b> <i>Códigos y parámetros para configuración del variador de frecuencia</i> .....70	<b>.70</b>
<b>Figura 46</b> <i>Grupo de parámetros funcionales básicos</i> .....71	<b>.71</b>
<b>Figura 47</b> <i>Ensamble completo del sistema alisador</i> .....72	<b>.72</b>
<b>Figura 48</b> <i>Tablero de control del sistema alisador de plástico</i> .....72	<b>.72</b>
<b>Figura 49</b> <i>Parte interna del tablero de control</i> .....73	<b>.73</b>

**Figura 50** *Proceso de estiramiento y alisado de la lámina de plástico.....76*

**Figura 51** *Torre compacta.....76*

**Índice de tablas**

<b>Tabla 1</b> <i>Datos proporcionales de los conductores</i> .....	<b>31</b>
<b>Tabla 2</b> <i>Tipos de materia prima para la fabricación de la lámina de plástico</i> .....	<b>36</b>
<b>Tabla 3</b> <i>Características del motor antiguo</i> .....	<b>37</b>
<b>Tabla 4</b> <i>Características del motor adquirido</i> .....	<b>38</b>
<b>Tabla 5</b> <i>Tabla comparativa entre el motor antiguo y el seleccionado para el proyecto</i> ..	<b>40</b>
<b>Tabla 6</b> <i>Características del motor adquirido</i> .....	<b>44</b>
<b>Tabla 7</b> <i>Tabla de características de contactores AC3 marca CHINT</i> .....	<b>45</b>
<b>Tabla 8</b> <i>Características del motor adquirido</i> .....	<b>47</b>
<b>Tabla 9</b> <i>Características del variador de frecuencia Powtran PI500</i> .....	<b>49</b>
<b>Tabla 10</b> <i>Características del motor adquirido</i> .....	<b>50</b>
<b>Tabla 11</b> <i>Lista de interruptores termomagnéticos tripolares marca CHINT</i> .....	<b>51</b>
<b>Tabla 12</b> <i>Tabla conversión de conductores AWG a mm<sup>2</sup></i> .....	<b>55</b>
<b>Tabla 13</b> <i>Datos de producción por hora del sistema alisador antiguo</i> .....	<b>77</b>
<b>Tabla 14</b> <i>Datos de producción por hora del sistema alisador nuevo</i> .....	<b>77</b>

## Resumen

En la industria la repotenciación de máquinas y sistemas es la solución a problemas como la deficiencia en el rendimiento a la hora de trabajar, deficiencia que se presenta ya sea porque la máquina tiene un error defectuoso de fábrica o por la cantidad de años de funcionamiento, además de ello las industrias también se van por el lado de la repotenciación de máquinas cuando se busca aumentar la productividad, por estas dos razones es que la empresa PLASTICOTOPAXI ha optado por llevar a cabo la repotenciación del sistema alisador de plástico. Se determinó que la manera más adecuada de realizar la repotenciación es sustituyendo el motor eléctrico por uno de mayor potencia, que funcione sin problemas con la red eléctrica de la empresa (60 hz) y trabaje moviendo los rodillos aplanadores-alisadores de forma eficiente durante un tiempo más prolongado. Para conseguir los rangos de velocidad necesarios para la producción de láminas de plástico, fue necesario realizar el cambio de la caja reductora de velocidad por una que sea capaz de acoplarse al motor eléctrico seleccionado además para el control de la velocidad del motor se ocupa un variador de frecuencia al cual se le acopló un potenciómetro para así variarlo desde fuera del tablero eléctrico. Este proyecto contribuyó a mantener el trabajo de alisado durante más tiempo ya que esta vez el motor no se sobrecalentaba, así se pudo producir mayor cantidad de bobinas de plástico en un día, llegando a aumentar la producción de plástico.

Palabras clave:

- **SISTEMA ALISADOR**
- **LÁMINA DE PLÁSTICO**
- **EXTRUSOR**
- **BOBINA DE CARTÓN**
- **RODILLOS DE TIRAJE**

**Abstract**

In industry, the repowering of machines and systems is the solution to problems such as poor performance when working, a deficiency that occurs either because the machine has a factory defective error or due to the number of years of operation. In addition to this, the industries also lean towards the repowering of machines when they seek to increase productivity, for these two reasons is that the PLASTICOTOPAXI company has chosen to perform the repowering of the plastics smoothing system. It was determined that the most appropriate way to carry out repowering is by replacing the electric motor with one of greater power, one which works without problems with the company's electrical network (60 hz) and works by moving the flattening-smoothing rollers efficiently by a longer period of time. To achieve the necessary speed ranges for the production of plastic sheets, it was necessary to change the speed reducer box for one that can be coupled to the selected electric motor, also for the motor speed control, a frequency variator is used which is He attached a potentiometer to vary it from the outside of the electrical board. This project helped keep the smoothing job going longer as this time the motor was not overheating, making it possible to produce more plastic coils in one day, increasing plastic production.

Key words:

- **SMOOTHING SYSTEM**
- **PLASTIC SHEET**
- **EXTRUDER**
- **CARDBOARD COIL**
- **PULL ROLLERS**

## **Capítulo I**

### **1. Introducción**

PLASTICOTOPAXI es una empresa que se dedica a la producción de bolsas de plástico de polietileno, para comercializarlo en distintos sectores de la ciudad de Latacunga. La producción del producto en esta empresa se realiza mediante pedido, por tal razón la empresa fabrica bolsas de plástico de distintas texturas, tamaños, colores y de distintos sellados según el pedido que se solicita, y según el uso que se le va a dar a dicha funda, generalmente los pedidos que llegan a esta empresa son de microempresarios y comerciantes que solicitan bolsas quintaleras, fundas para queso, para yogurt tipo bolo y arroberas (Villaroel, 2019)

Para la fabricación de las fundas de plástico la empresa PLASTICOTOPAXI, utilizan un máquina extrusora y sopladora para elaborar las láminas de plástico de polietileno y para el alisado de la lámina plástica utilizan un conjunto de rodillos que se encargan de aplanar y eliminar alguna burbuja existente en la superficie de la lámina, luego esta lámina plástica pasa por un rodillo donde se la enrolla en la bobina y por último es transportada a las máquinas de corte y sellado.

#### **1.1. Antecedentes**

Desde el 2004 cuando fue la inauguración de la empresa PLASTICOTOPAXI hasta la actualidad, la tecnología ha avanzado continuamente creándose así máquinas motrices eléctricas más sofisticados que en comparación al motor instalado en el sistema de alisado para plástico hace ya varios años, tienen un rendimiento mayor y soportan horas de trabajo más extensas, de igual manera existen variadores de velocidad con más funciones, que nos facilitan el trabajo a la hora de manipular la

velocidad de los motores del sistema de alisado para plástico y con ello lograr aumentar la producción de láminas de plástico ,a la vez aumentar la producción de las fundas de plástico.

Por trascendencia del tema se han realizado trabajos investigativos como los que se expone a continuación:

- Trabajo investigativo realizado por Leonardo Suarez (Suarez, 2017) Ecuador Quito cuyo tema es “Variadores de frecuencia para el control de velocidad de motores asíncronos jaula de ardilla” llegando a la conclusión que La forma más eficiente de variar la velocidad de un motor eléctrico de corriente alterna es utilizando un variador de frecuencia además de que proporciona un gran aporte a la industria y a su productividad (Suarez, 2017).

Resultado: Se realizó la operación del variador y a través de su uso, operar los diferentes tipos de control que dispone en su programación, para el accionamiento.

- Trabajo investigativo realizado por José Toapanta (Toapanta, 2012) Guayaquil Ecuador cuyo tema es “Diseño e implementación de una demostración práctica en el laboratorio de máquinas eléctricas utilizando el variador de frecuencia como fuente de ahorro de energía” llegando a concluir que el ahorro de energía eléctrica se puede conseguir utilizando un dispositivo electrónico llamado variador de frecuencia, dispositivo que puede incidir tanto en la parte mecánica como eléctrica del sistema de máquinas de una industria desarrollando así un

sistema óptimo que ayude a ahorrar a la empresa y a su vez contribuyendo al cuidado del medio ambiente (Toapanta, 2012).

Resultados: Realizando las simulaciones efectivamente observamos que existe reducción de consumo de energía eléctrica, cumpliendo con el objetivo de la tesis además se redujo considerablemente en un 28% el pago de la planilla a la empresa eléctrica.

Por lo expuesto es fundamental que en la empresa PLASTICOTOPAXI, desarrolle la repotenciación del sistema alisador de plástico para contar con mayor eficiencia y evitar paros de producción en un futuro por alguna avería en el sistema alisador causada por exceso de horas de trabajo.

## **1.2. Planteamiento del problema**

La empresa PLASTICOTOPAXI brinda sus servicios a la elaboración y distribución de bolsas plásticas para la ciudad de Latacunga, empresa que cuenta con máquinas especializadas tanto para la fabricación como para el diseño de bolsas plásticas de distintas características, esto dependiendo del uso que se le vaya a dar al producto.

Latacunga, ciudad que, con el paso de los años, varios negocios y emprendimientos surgieron debido a las necesidades de las personas, negocios en los cuales es fundamental el uso de fundas plásticas para la comercialización de sus productos, motivo por el cual la demanda del producto plástico que produce la empresa PLASTICOTOPAXI fue incrementando.

PLASTICOTOPAXI ocupa el extrusor para procesar la materia prima y convertirla en una lámina de plástico, esta máquina es capaz de trabajar durante varias horas sin inconvenientes, por otra parte, el sistema alisador de plástico con el que cuenta actualmente no es capaz de trabajar a la par del extrusor de plástico.

Mediante el soplado de aire la lámina fina de plástico es expulsado del extrusor para después pasar a través de un conjunto de rodillos los cuales corrigen errores superficiales, dichos rodillos pertenecen al sistema alisador de plástico al igual que el motorreductor el cual es el elemento principal de este sistema, este es controlado con un variador de frecuencia para variar la velocidad de los rodillos, velocidad que se determina según el tipo de plástico o fundas que se quieran realizar con dicha lámina, para cubrir la demanda requerida por el mercado se optó por trabajar el máximo de horas posibles con este sistema.

Por distintos factores, como es el trabajo realizado por la máquina durante varios años al igual que por la sobrecarga de trabajo por horas al día, el motorreductor se fue deteriorando hasta un punto en el que no es capaz de disipar el calor que se generaba en la caja reductora, dichos problemas se empezaron a evidenciar desde diciembre del 2020. Por lo cual la única solución que se encontró fue trabajar con este sistema hasta un máximo de 6 horas seguidas y después de ese tiempo desconectarla durante 2 horas antes de ponerlo en funcionamiento nuevamente, pero dicha acción ocasionó consecuencias como el decrecimiento de la producción de plástico, la reducción de la comercialización y a su vez los bajos ingresos económicos.

De no solucionarse el problema la empresa podría perder consumidores de su producto y consigo los ingresos económicos decrecerían, así mismo el motorreductor del sistema de alisamiento podría llegar a sobrecalentarse ocasionando daños tanto en la caja reductora como en el motor, provocando que la producción de plástico se paralice y la empresa se quede sin su fuente de ingresos económicos, hasta que se solucione el problema.

Por lo expuesto anteriormente es necesario que la empresa PLÁSTICOTOPAXI lleve a cabo un proyecto de repotenciación del sistema de alisamiento de plástico para evitar los problemas mencionados anteriormente y así asegurar la producción de plástico a futuro.

### **1.3. Justificación e importancia**

Las fundas de plástico son productos que se utilizan para una variedad de fines como por ejemplo guardar y transportar alimentos o empaquetar y transportar prendas de vestir, es por tal razón que, desde la creación de las fundas de plástico hasta la actualidad, la producción y uso de estas han ido aumentando en gran escala.

Al ser un producto de gran demanda, las empresas que se dedican a la fabricación de fundas de plástico requieren de maquinaria y dispositivos sofisticados capaces de elaborar estos productos a gran escala, los cuales se han podido conseguir gracias a que se tiene acceso a mercados internacionales.

En el caso de empresas en las cuales la maquinaria tenga varios años de uso y su capacidad de trabajo o producción haya decrecido considerablemente, la solución

sería la repotenciación de dicha máquina para así seguir en competencia dentro del mercado, asimismo mejorar la producción.

Con la repotenciación se puede evitar que el sistema de alisamiento se averíe y ocasione tiempos muertos además se consigue prevenir un impacto económico negativo, así como también:

- Aumentar la producción de fundas de plástico.
- Desarrollar mayores ingresos económicos.
- Aumentar horas de trabajo de la maquinaria.

Los beneficiarios de este proyecto serán la empresa PLATICOTOPAXI junto con el personal que trabaja en dicha empresa, ya que aumentará la productividad de la empresa generando mayores ingresos económicos y se asegurará el rendimiento óptimo del sistema de alisado para el trabajo en los futuros años.

Los resultados permiten cumplir con lo estipulado en la Constitución y en la Ley Orgánica de Educación Superior en lo relacionada a que los estudiantes deberán realizar trabajos investigativos de titulación poniendo en práctica los conocimientos de sus áreas de formación, la educación de calidad y con vinculación a la comunidad.

Por lo dicho es importante que, en la empresa PLASTI COTOPAXI, se desarrolle la repotenciación del sistema de alisado de plástico para que esta tenga la capacidad de trabajar a la par del extrusor y en conjunto puedan aumentar la producción de las distintas fundas de plástico a la vez el estudiante colabore con habilidades y destrezas adquiridas a lo largo de su formación académica.

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo general**

Repotenciar un sistema alisador de plástico, para aumentar la producción de plástico, mediante el uso de un motorreductor y aparatos de control electrónicos.

### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Analizar los sistemas alisadores de plástico para el incremento de producción.
- Verificar la situación actual de los elementos, eléctricos electrónicos y mecánicos que componen el sistema de alisado de plástico.
- Seleccionar los elementos eléctricos electrónicos y mecánicos necesarios para la repotenciación del sistema alisador de plástico.
- Desarrollar la repotenciación del sistema alisado de plástico haciendo uso de dispositivos eléctricos electrónicos y mecánicos.
- Analizar resultados obtenidos de la repotenciación realizada.

## **1.5. Alcance**

En este proyecto se pretende realizar la repotenciación del sistema alisador y tensor de la lámina de plástico. Sistema que consta de elementos eléctricos, electrónicos y mecánicos como lo son el motorreductor, un variador de frecuencia como también dos rodillos de goma.

El proyecto se lo realiza con el fin de aumentar la velocidad de los rodillos de tiro para que estos puedan hacer pasar una cantidad mayor de metros de plástico hacia el embobinador, esto se logrará haciendo el cambio del motorreductor por uno de mayor potencia, así también se cambiará el variador de frecuencia por uno que se ajuste a las

características del nuevo motorreductor para que se pueda manipular a gusto la velocidad de trabajo del motorreductor y con ello los rodillos de tiro.

Se realizará la conexión eléctrica desde la línea de alimentación de la empresa hacia el tablero de control, desde este tablero se efectuará la conexión con el motorreductor, también se hará la conexión del motorreductor con los rodillos de tiro mediante una cadena, de esa manera se pondrá en funcionamiento y a prueba este sistema alisador de plástico.

El ensamble de este proyecto se lo llevará a cabo en la planta de producción de la empresa PLASTICOTOPAXI, en el cual existe una torre metálica ubicada verticalmente sobre el extrusor de plástico, el motorreductor se lo ubicará en la parte superior de la torre en el mismo lugar donde está ubicada actualmente el motor deficiente, y el tablero de control se lo ubicará en la parte inferior de la torre junto al extrusor.

Posteriormente se realizarán las pruebas de funcionamiento tanto del tablero de control como del motorreductor, además de verificar como actúa el en sistema en conjunto con los rodillos de tiraje y el extrusor en funcionamiento también se determinará si el producto proveniente del sistema alisador nuevo cumple con las características requeridas.

## Capítulo II

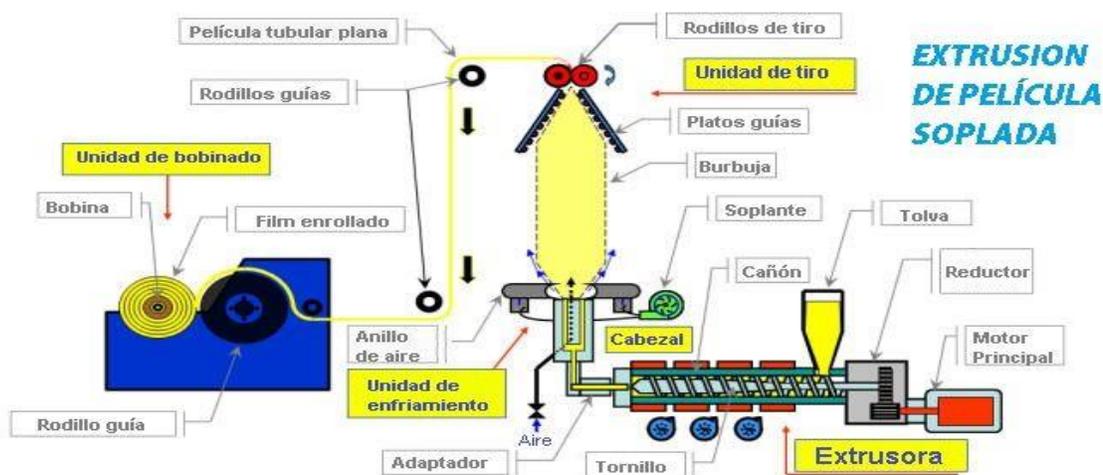
### 2. Marco teórico

#### 2.1. Sistema alisador de plástico

Un sistema alisador de plástico es la combinación de un par de rodillos metálicos o de goma y una máquina generadora de movimiento que por lo general es un motorreductor. Este sistema alisador es usado mayormente cuando se está realizando un proceso de extrusión de película soplada, ya que este sistema interviene para tirar la lámina fina de plástico que sale del extrusor, esto lo realiza mediante el movimiento de los rodillos mencionados, para pasar la lámina a través de estos, eliminando así errores superficiales y dar un espesor a la lámina de plástico.

**Figura 1**

*Esquema de extrusión de película soplada*



*Nota.* En la fotografía se muestra el conjunto de máquinas y elementos que conforman el esquema para la fabricación de la lámina de plástico. Tomado de: (Mariano, 2012).

## 2.2. Componentes del sistema alisador de plástico

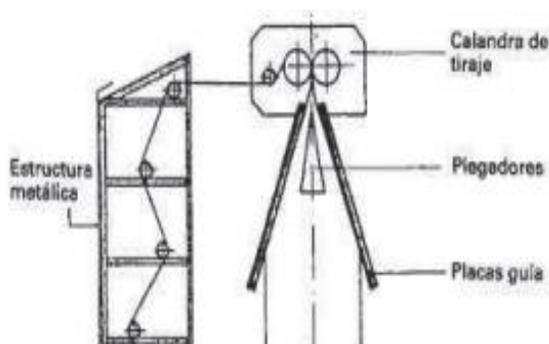
El sistema alisador de plástico está compuesto por un motorreductor y elementos electrónicos que sirven para su control un ejemplo es un variador de frecuencia además de una calandra de tiraje mismo que está conformado por un par de rodillos de goma, que cumplirán la función de alisadores.

### 2.2.1. Calandra de tiraje

La calandra de tiraje está integrada por dos cilindros envueltos en su totalidad por caucho o goma, cuya función es ejercer una presión de cierre uniforme además de realizar el tiraje de la lámina de plástico con una velocidad determinada por el usuario, de tal manera que dicha velocidad ha de definir el grosor de la película de plástico, al cual si se le aumenta la velocidad del motor para el tiraje, el grosor de la película de plástico será más delgada por el contrario si se reduce la velocidad de tiraje el grosor de la película de plástico aumentará. (Silva, 2011)

### Figura 2

*Calandra de tiraje*



*Nota.* En la figura se muestra como la lámina de plástico llega a la calandra de tiraje para que esta cumpla su función de alisar y estirar. Tomado de: (Palermo).

### **2.2.2. Rodillo de goma**

Este elemento es utilizado generalmente para transportar y alisar la lámina de plástico proveniente del extrusor, está fabricado con hierro fundido o acero además estará cubierto con goma sobre toda su superficie.

#### **Figura 3**

*Rodillo de goma*



*Nota.* Para poder alisar el plástico se necesita tener 2 rodillos de goma cuya función es ejercer una presión. Tomado de: (Alibaba, 2020).

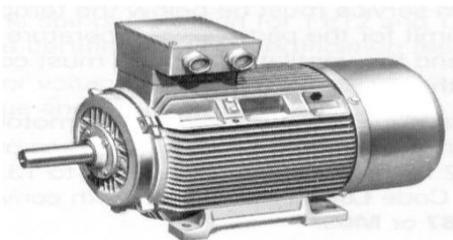
### **2.2.3. Motor eléctrico trifásico c/a**

Se le conoce en la industria como motor eléctrico de corriente alterna, este es capaz de convertir la energía eléctrica en energía mecánica, está compuesto internamente por dos partes principales en los cuales existen varios campos magnéticos.

- Estator: Parte fija del motor
- Rotor: Parte móvil del motor

#### **Figura 4**

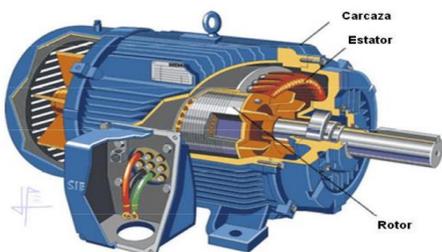
*Motor eléctrico*



*Nota.* Tomado de: (Garrigos, 2011)

**Figura 5**

*Partes del motor eléctrico*



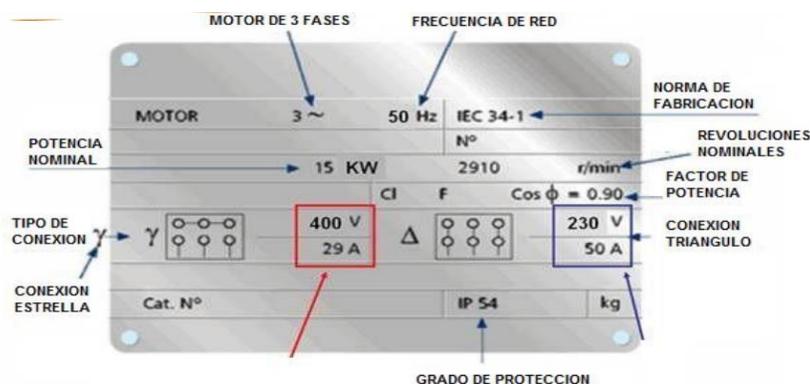
*Nota.* En la fotografía se observa las tres partes principales de las cuales está compuesto un motor eléctrico jaula de ardilla. Tomado de: (Garrigos, 2011).

### 2.2.3.1. Tipos de conexiones de motores trifásicos

Para establecer un tipo de conexión necesaria en un motor trifásico es necesario reconocer los datos de la placa de dicho motor y verificar la tensión con la que este debe ser alimentado así también es necesario saber el voltaje que se tiene en la línea de alimentación, después de obtener estos datos se puede determinar si el motor necesita tener la conexión estrella o delta

**Figura 6**

*Datos de placa de un motor eléctrico*



*Nota.* En la figura se muestra el ejemplo de una placa con las características principales de un motor eléctrico. Tomado de: (UNLP).

### 2.2.3.1.1. Conexión delta

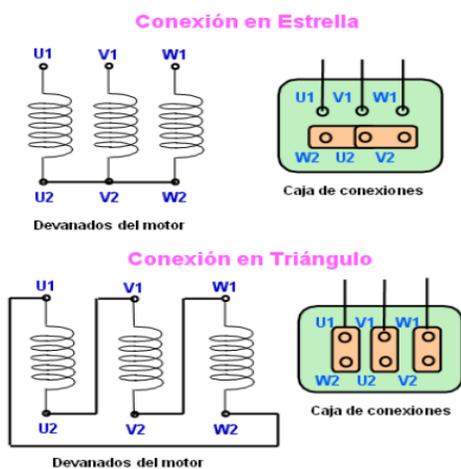
Una conexión triángulo se la realiza conectando en serie las 3 bobinas del motor para que así llegue a cada bobina la tensión equivalente a la tensión línea- línea

### 2.2.3.1.2. Conexión estrella

La conexión en estrella consta en unir las terminales de entrada y de salida de las 3 bobinas en paralelo para así poder conseguir una tensión menor a la que se encuentra en la línea de alimentación, es decir que cada en cada bobina se encuentre la tensión de fase dividida para raíz de 3

## Figura 7

*Tipos de conexiones de bobinas en motores eléctricos*



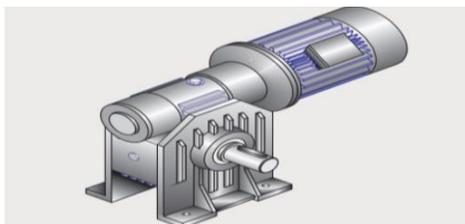
*Nota.* En la figura se muestra cómo se conectan las entradas de las bobinas U1, V1 y W1 a las salidas U2, V2 y W2, para formar una conexión en estrella o en triángulo. Tomado de: (Garrigos, 2011).

### **2.2.4. Caja reductora**

Caja reductora o motorreductor, su funcionamiento es esencial en la industria ya que su principal funcionamiento es reducir la velocidad producida por el motor y entregar una velocidad más baja, en su interior se encuentran piñones de diferentes tamaños unidos entre sí, y por medio de la relación de transmisión se puede calcular la velocidad de salida del reductor.

#### **Figura 8**

*Motor-reductor*



*Nota.* En la fotografía se observa el acople entre una caja reductora sinfín corona con un motor eléctrico. Tomado de: (RANFE, 2012).

#### **2.2.4.1. Tipos de cajas reductoras**

##### **2.2.4.1.1. Sinfín corona**

Estos equipos son baja eficiencia y se debe a la alta fricción que existe entre la corona y el tornillo sinfín, se caracteriza por estar constituido por dos piezas importantes el tornillo sinfín y el engranaje circular también llamado corona donde los ejes de entrada y salida forman un ángulo de  $90^\circ$ , siendo el tornillo sinfín el eje de entrada y la corona dentada el eje de salida, por cada vuelta del tornillo sinfín la corona avanza un solo diente, su uso está limitado ya que tiene mucha pérdida de potencia debido a la fricción que existe entre la rueda dentada y el tornillo sinfín.

**Figura 9**

*Caja reductora sinfín corona*



*Nota.* En la figura se observa la composición interna de una caja reductora sinfín corona, misma que consta de un tornillo sinfín y una engrane o corona. Tomado de: (Hoyos, 2015).

#### **2.2.4.1.2. Engranajes helicoidales**

Este tipo de reductor se caracteriza por dentado oblicuo en relación al eje de rotación, pueden ser de ejes paralelos o perpendiculares, se caracteriza por el ángulo de  $180^\circ$  que se forma entre el eje de entrada y el eje de salida, aunque también los hay con un ángulo de  $90^\circ$  entre ambos ejes, su principal ventaja es transmitir mayor potencia que los de engranajes rectos al mismo tiempo transmiten más velocidad además de ser más silenciosos y mayor vida útil.

**Figura 10**

*Caja reductora de engranes helicoidales*



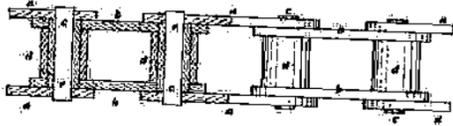
*Nota.* En la figura se muestra que la caja reductora de engranes helicoidales está compuesta internamente de varios engranajes de distintos tamaños. Tomado de: (Chaves, 2019).

### 2.2.5. Cadena motriz

La cadena motriz o de transmisión es una de las mejores opciones que podemos utilizar para poder transmitir fuerza, para su uso será necesario usar un par de piñones sobre los cuales se moverá la cadena y transmitirá la velocidad y fuerza de un piñón al otro.

#### Figura 11

*Cadena motriz*



*Nota.* Tomado de: **(Dominguez, 2007)**

### 2.2.6. Conductores

Un conductor eléctrico es un elemento capaz de conducir electricidad a través de sí mismo, generalmente los conductores suelen ser de cobre o aluminio o una aleación de ambos, esto debido a su buena capacidad para conducir electricidad, además un conductor eléctrico puede ser una hebra sólida o puede ser un conductor formado por varias hebras más finas. Un conductor eléctrico posee un material aislante(plástico) para que las personas no tengan contacto directo con la hebra de aluminio o cobre.

**Tabla 1***Datos proporcionales de los conductores*

Calibre AWG	Capacidad de corriente(amperios)			Resistencia eléctrica a 20 °C(ohmios)
	60 °C	75 °C	90 °C	
14	20	20	25	8.46
12	25	25	30	5.35
10	30	30	40	3.35
8	40	50	55	2.10
6	55	65	75	1.32
4	70	85	95	0.83
2	95	115	130	0.66
1	110	130	150	0.52
1/0	125	150	170	0.33
2/0	145	175	195	0.26
3/0	165	200	225	0.21

*Nota:* Dependiendo de la temperatura la capacidad de corriente puede permanecer igual o aumentar. Tomado de (Centelsa, 2017)

### **2.3. Tablero de control**

Un tablero de control o comando es un elemento generalmente metálico en cuyo interior se ubican aparatos eléctricos, electrónicos, de protección, maniobra y control. Este elemento es de suma importancia ya que en él ingresa la energía eléctrica proveniente de las líneas de alta tensión.

**Figura 12***Tablero de comando*

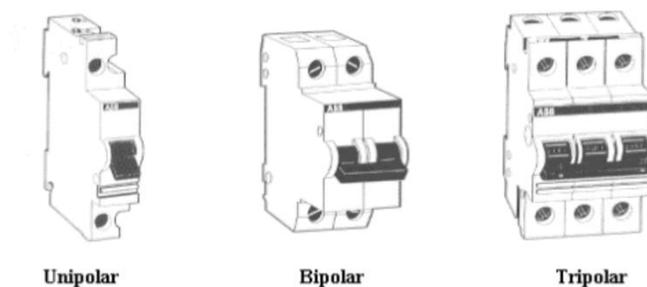
*Nota.* En la figura se muestran ejemplos de tableros de control. Tomado de: (Rodríguez, 2012).

**2.3.1. Interruptor termomagnético**

Dispositivo eléctrico de protección, el cual es la unión de dispositivos que detectan el “magnetismo y calor”, cuya función principal es la interrupción de la corriente eléctrica al detectar un gran paso de flujo eléctrico.

Son aparatos muy deseados en los campos industriales ya que los golpes de tensión, como pueden ser las tormentas eléctricas, una sobrecarga en las líneas de tensión etc., pueden causar sobrecargas en las maquinarias momento cuando el termomagnético detecta que se sobrepasan los límites permisibles e interrumpe el paso de corriente eléctrica.

**Figura 13***Interruptores termomagnéticos*



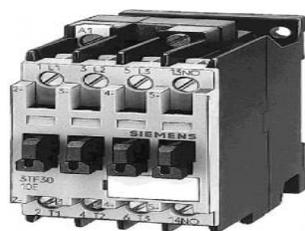
*Nota.* En la figura se muestran los distintos tipos de interruptores termomagnéticos según el voltaje con el cual trabaja están los unipolares, bipolares y tripolares. Tomado de: (UCO, 2016).

### 2.3.2. Contactor

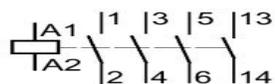
Aparato eléctrico de mando encargado de abrir y cerrar circuitos eléctricos ya sea manipulando en carga o en vacío, estos aparatos se utilizan en las protecciones de los motores eléctricos, dentro de dichos aparatos se encuentra una bobina con varios contactos, los cuales pueden estar abiertos o cerrados, con su uso podemos manipularlos con facilidad el paso o corte del flujo de corriente eléctrica en el circuito a proteger.

**Figura 14**

*Contactor*



*Símbolo:*



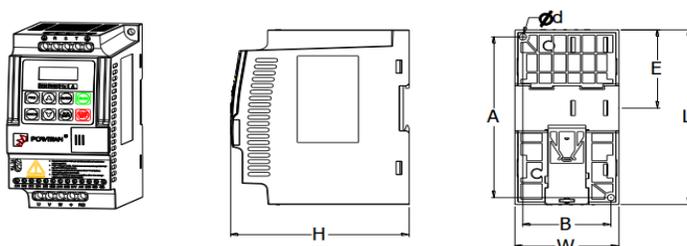
*Nota.* En la figura se muestra un contactor y debajo el símbolo tanto de la bobina como de sus contactos. Tomado de: (Poza, 2006).

### 2.3.3. Variador de frecuencia

En el mundo industrial la tecnología ha aumentado de forma espléndida, en el cual, para aumentar la producción en las empresas industriales, existe el variador de frecuencia, un aparato electrónico que va conectado directamente al motor eléctrico, las características del variador de frecuencia dependen mucho del motor eléctrico con el cual vaya a trabajar, dicho aparato podrá controlar la velocidad de giro en los motores de corriente alterna CA.

**Figura 15**

*Variador de frecuencia Powtran*



*Nota.* Tomado de: **(POWTRAN, 2020)**

### 2.3.4. Luces piloto

Son elementos visuales colocados en la parte frontal del tablero eléctrico, que indican a las personas, si la máquina se encuentra en funcionamiento o si esta se detuvo con el botón de paro de emergencia, son usualmente de color verde y rojo.

**Figura 16**

*Luces piloto*



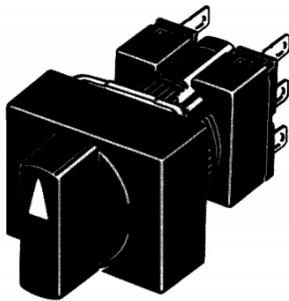
*Nota.* Tomado de: **(Bekam, 2017)**

### 2.3.5. Selector

Dispositivo cuya función es similar a la de un interruptor ya que nos ayuda a conducir o interrumpir el paso de corriente eléctrica mediante un accionamiento rotatorio en distintas posiciones, posiciones que se cambian mediante una perilla.

#### Figura 17

*Selector de tres posiciones*



*Nota.* Tomado de: **(Omron)**

### 2.4. Materia prima para la fabricación de plástico

Para la fabricación de diferentes tipos de productos la empresa PLASTICOTOPAXI emplea como materia prima distintos tipos de materiales, pero entre los más usados están el polietileno de alta y baja densidad y metaloceno industrial.

**Tabla 2**

*Tipos de materia prima para la fabricación de la lámina de plástico*

Tipo de materia prima	Quintales utilizados al mes	Costo por unidad	Cantidad en Kg	Precio total
LDPE uso general	95	1.27	2.250.00	2.857.00
LDPE industrial	75	1.35	2.000.00	2.700.00
Polietileno de baja densidad lineal	70	1.4	1.400.00	1.960.00
Metaloceno lineal	62	1.39	1.050.00	1.459.00
Metaloceno general	58	1.41	1.200.00	1.692.00
<b>Total</b>				<b>11.977.00</b>

*Nota.* En la tabla se muestran los distintos tipos de materia prima que utiliza la empresa PLASTICOTOPAXI con su respectivo costo y cantidad utilizada en un mes.

## Capítulo III

### 3. Selección de elementos

#### 3.1. Motor eléctrico

El motor eléctrico es una máquina cuya función es convertir energía eléctrica en mecánica, por tal razón sus usos en la industria son múltiples, en nuestro caso se usará el motor eléctrico para generar un movimiento circular mismo que con la ayuda de una cadena motriz transmitirá el movimiento al par de rodillos de goma pertenecientes a la calandra de tiraje.

Actualmente en la empresa se está utilizando un motor eléctrico de 2.5 Hp que funciona con una frecuencia de 50 Hertz, por lo que el motor excede su velocidad de trabajo nominal y consigo trae consecuencias como la reducción del factor de potencia, reducción de la vida útil del motor y sobrecalentamiento del mismo, por ello el primer parámetro a tomar en cuenta para la selección del motor es su frecuencia de trabajo, el cual deberá ser el mismo que posee la red eléctrica es decir 60 Hertz.

Para realizar la selección del motor eléctrico se tomaron en cuenta también parámetros como la potencia, voltaje de alimentación y la velocidad en rpm, siendo necesario conocer los datos del motor a sustituir para seleccionar uno con mejores y adecuadas características para el trabajo a realizar.

**Tabla 3**

*Características del motor antiguo*

Características	Valor
Potencia eléctrica	1.5 kW
Potencia mecánica	2 hp

Características	Valor
Voltaje de entrada	220/380 v
Frecuencia	50 Hz
Corriente nominal	6.05/3.5 A
Velocidad angular	1300 rpm
Tipo de motor	Trifásico

### Figura 18

*Motor eléctrico adquirido para el proyecto*



*Nota.* En la imagen se muestra el motor trifásico marca WEG adquirido para el proyecto.

### Tabla 4

*Características del motor adquirido*

Características	Valor
Potencia eléctrica	2.2 Kw
Potencia mecánica	3 hp
Voltaje de entrada	220/380/440 V
Frecuencia	60 Hz

Características	Valor
Corriente nominal	8.15/4.72/4.08 A
Velocidad angular	1745 rpm
Tipo de motor	Trifásico

Como se puede observar, en las tablas las características del nuevo motor sobresalen con respecto a las características del antiguo motor, por lo que será más eficiente y no tendrá problemas de sobrecalentamiento.

$$\eta_{motor\ antiguo} = \frac{P * 746}{\sqrt{3} * VI * I * FP}$$

$$\eta_{motor\ antiguo} = \frac{1500}{\sqrt{3} * 220 * 6.05 * 0.85}$$

$$\eta_{motor\ antiguo} = \frac{1500}{1959.55}$$

$$\eta_{motor\ antiguo} = 0.76$$

$$\eta_{motor\ seleccionado} = \frac{P * 746}{\sqrt{3} * VI * I * FP}$$

$$\eta_{motor\ seleccionado} = \frac{2238}{\sqrt{3} * 220 * 8.15 * 0.81}$$

$$\eta_{motor\ seleccionado} = \frac{2238}{2515}$$

$$\eta_{motor\ seleccionado} = 0.88$$

Donde:

$\eta$ : Eficiencia

P: Potencia del motor(hp)

VI: Voltaje de consumo(voltios)

I: Corriente nominal del motor(amperios)

Fp: Factor de potencia del motor

**Tabla 5**

*Tabla comparativa entre el motor antiguo y el seleccionado para el proyecto*

Características	Motor antiguo	Motor seleccionado
Potencia	2.5 hp	3 hp
Velocidad nominal	1300 rpm	1745 rpm
Voltaje de consumo	220/380 V	220/380/440 V
Frecuencia	50 Hz	50/60 Hz
Eficiencia	0.76	0.88

### 3.2. Caja reductora sinfín corona

Una caja reductora sinfín corona está constituida internamente por un engrane o corona y un tornillo sinfín, para que este componente funcione adecuadamente en nuestro proyecto es necesario realizar un cálculo de relación de transmisión, para lo cual ocuparemos dos datos, la velocidad del motor eléctrico y la velocidad necesaria con la que se moverán los rodillos de tiraje, dicha velocidad varía entre los 10 rpm y un máximo de 100 rpm.

$$i = \frac{\text{Velocidad de salida}}{\text{Velocidad de entrada}}$$

$$i = \frac{100 \text{ rpm}}{1745 \text{ rpm}} = 0.057$$

$$i = \frac{100}{1745} = \frac{1}{x}$$

$$x = \frac{100 \times 1}{1745} = 17.45$$

$$i = \frac{1}{17.45}$$

Donde:

i: Relación de transmisión

x: Relación con respecto a 1

Después de realizar los respectivos cálculos se determinó que la caja reductora a seleccionar debe estar fabricada para trabajar con una relación de transmisión de 17.45:1.

Posteriormente se consultaron las cajas reductoras disponibles en el mercado, en el cual no se obtuvo éxito en la búsqueda de la caja reductora con relación de transmisión de 17.45:1 sin embargo, se encontró una caja reductora con una relación de transmisión de 15:1, muy similar a la calculada, para comprobar si sería útil para nuestro proyecto, se realizó el cálculo de velocidad que se obtendrá a la salida de la caja reductora.

$$i = \frac{\textit{Velocidad de salida}}{\textit{Velocidad de entrada}}$$

$$\textit{Velocidad de salida} = \textit{Velocidad de entrada} \times i$$

$$\textit{Velocidad de salida} = 1745 \textit{ rpm} \times \frac{1}{15}$$

$$\textit{Velocidad de salida} = 116 \textit{ rpm}$$

Luego de haber realizado el cálculo de la velocidad de salida de la caja reductora, se observa que dicho reductor es capaz de generar a la salida una velocidad de hasta 116 rpm el cual es superior la velocidad necesaria, por lo que no existirían problemas en lo absoluto, ya que esta velocidad será controlada con el variador de frecuencia, en

cambio si la velocidad de salida del reductor hubiese sido inferior a la velocidad necesaria no habría sido útil para nuestro proyecto.

Otros aspectos que se tomaron en cuenta para seleccionar la caja reductora fueron el espacio disponible para ubicar la caja reductora, la potencia del motor al que sería acoplada, la eficiencia a la hora de trabajar y además se tomó en cuenta el factor económico.

Considerando la relación de transmisión de la caja reductora y los aspectos mencionados anteriormente se seleccionó para nuestro proyecto una caja reductora tipo sinfín corona que trabaja con una potencia de 3 Hp y una relación de transmisión de 15:1.

La velocidad que se usará para el tiro de la lámina de plástico varía entre 10 rpm a 100 rpm esto dependerá del grosor de la lámina de plástico que se requiere fabricar.

### **Figura 19**

*Caja reductora adquirida para el proyecto*



*Nota.* En la figura se muestra la caja reductora sinfín corona adquirida para la elaboración del proyecto.

### 3.3. Contactor

El contactor tiene la función de permitir y cortar el paso de corriente eléctrica mediante la activación y desactivación de una bobina que se encuentra en su interior, su objetivo en el proyecto será fundamental ya que este obedecerá la orden de un pulsador y permitirá el paso de corriente para que se ponga en funcionamiento el motorreductor y con este los rodillos de tiraje.

Para seleccionar el contactor se tomó en cuenta el voltaje, corriente y categoría de empleo del contactor.

#### Figura 20

*Categorías de los contactores según la norma IEC947-4-1*

<b>NORMA IEC 947 – 4 - 1 CATEGORIZACIÓN DE LOS CONTACTORES UTILIZADOS EN LOS CIRCUITOS DE FUERZA</b>		
<b>TIPO</b>	<b>CATEGORIA</b>	<b>DESCRIPCION DE LA UTILIZACION</b>
<b>CORRIENTE ALTERNA</b>	AC – 1	Cargas no inductivas, hornos resistivos.
	AC – 2	Motores de anillos rozantes. Arranque y apagado.
	AC – 3	Motores tipo jaula de ardilla. Arranque y apagado.
	AC – 4	Motores jaula. Frecuentes arranques y apagado.
	AC – 5a	Encendido y descarga de control de lamparas.
	AC – 5b	Encendido de lamparas incandescentes.
	AC – 6a	Encendido de transformadores.
	AC – 6b	Encendido de banco de condensadores.
	AC – 8a	Control de motor compresor hermético refrigerado. Con apagado manual y soporte de sobrecargas.
AC – 8b	Control de motor compresor hermético refrigerado. Con apagado automático y soporte de sobrecargas.	
<b>CORRIENTE CONTINUA</b>	DC – 1	Cargas no inductivas y hornos resistivos.
	DC – 3	Motores DC tipo shunt. Comportamiento dinámico.
	DC – 5	Motores DC tipo serie. Comportamiento dinámico.
	DC – 6	Encendido de lamparas incandescentes.

*Nota.* Tomado de: **(Alfonso, 2020)**

Se basó en la tabla para seleccionar un contactor de la categoría AC-3 ya que este se utilizará para el accionamiento de un motor eléctrico.

Otro factor a considerar para seleccionar el contactor adecuado es la potencia eléctrica del motor la cual se la puede observar en la tabla 6.

**Tabla 6**

*Características del motor adquirido*

Características	Valor
Potencia eléctrica	2.2 Kw
Potencia mecánica	3 hp
Voltaje de entrada	220/380/440
Frecuencia	60 Hz
Corriente nominal	8.15/4.72/4.08 A
Velocidad angular	1745 rpm
Tipo de motor	Trifásico

En resumen, el contactor a seleccionar debe trabajar a una tensión de 220 voltios, una potencia de 2.2 kw, una corriente nominal superior a la corriente nominal del motor eléctrico que en este caso es 8.15 amperios y que pertenezca a la categoría AC-3.

Para seleccionar el contactor se hizo uso la siguiente tabla, donde se pueden apreciar los valores de tensión, corriente y potencia con los que pueden trabajar los contactores de marca CHINT.

**Tabla 7***Tabla de características de contactores AC3 marca CHINT*

Código	Referencia	Descripción					Precio
		Tensión de la bobina 50/60 hz	Corriente nominal AC 1	Corriente nominal AC 3	Máxima potencia nominal del motor(kw)	220 v 440 v	unitario USD
CHI0063D	NXC-06 3P 120V	120VAC	20	6	1,5	2,2	\$10,75
CHI0064D	NXC-06 3P 220V	220VAC	20	6	1,5	2,2	\$10,75
CHI0065D	NXC-09 3P 120V	120VAC	20	9	2,2	4,0	\$11,30
CHI0066D	NXC-09 30 220V	220VAC	20	9	2,2	4,0	\$11,30
CHI0067D	NXC-12 3P 120V	120VAC	25	12	3,0	5,5	\$12,50
CHI0068D	NXC-12 3P 220V	220VAC	25	12	3,0	5,5	\$12,50

Nota. Tomado de: **(Laucol, 2021)**

Según los contactores disponibles en la tabla, el que cuenta con las características más adecuadas para el proyecto es el de 3 kw con un voltaje de alimentación de 220 V, mismo que se encuentra resaltada en la tabla número 7.

### **Figura 21**

*Contactor adquirido*



*Nota.* En la figura se muestra el contactor marca CHINT adquirido para la elaboración del proyecto.

### **3.4. Variador de frecuencia**

Los variadores de frecuencia son sistemas electrónicos que pueden controlar la velocidad de motores trifásicos de C.A a partir de su frecuencia de trabajo.

Apoyándonos en la placa de datos del motor podemos determinar el o los voltajes de trabajo, los motores trifásicos industriales normalmente trabajan a 220, 480 etc. Incluso

trabajan en 2 distintas tensiones intercambiando los terminales de los devanados del motor entre conexiones delta o estrella.

Para nuestro proyecto se utilizará un motor eléctrico que trabaja a una tensión de 220 V trifásico y con los terminales de los devanados se realizará una conexión en delta.

**Tabla 8**

*Características del motor adquirido*

Características	Valor
Potencia eléctrica	2.2 Kw
Potencia mecánica	3 hp
Voltaje de entrada	220/380/440
Frecuencia	60 Hz
Corriente nominal	8.15/4.72/4.08 A
Velocidad angular	1745 rpm
Tipo de motor	Trifásico

En el mercado existen Algunos variadores de frecuencia que pueden actuar como elevadores de tensión con una entrada de 110 V monofásicos, es decir un neutro y una fase de 100 V y una salida trifásica de 220 V o al igual una entrada de 220 V bifásicos y una salida de 220 V trifásicos, esta segunda opción es la más adecuada para nuestro proyecto ya que la tensión de alimentación necesaria para nuestro motor es de 220 V trifásico.

La frecuencia de trabajo del motor y la alimentación de nuestro sistema son datos importantes que tenemos que tomar en cuenta, aunque por lo general en los variadores

de frecuencia podemos seleccionar desde los parámetros del drive, si la frecuencia de alimentación es de 50 o 60 Hz y la salida puede variarse desde 0 a 400 Hz.

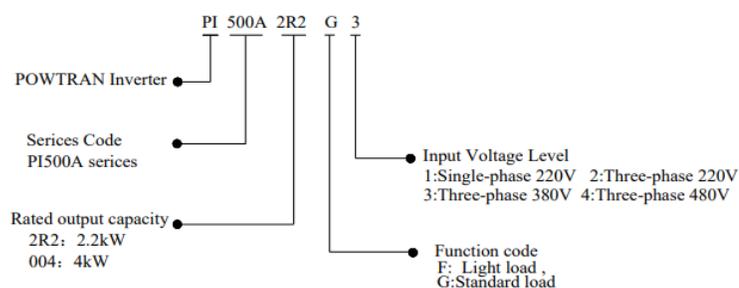
El alisador de plástico tiene la función de alisar y tirar del globo de plástico a distintas velocidades para producir láminas de plástico de distintos espesores, por eso es necesario la intervención del variador de frecuencia ya que con este dispositivo podremos controlar la velocidad a la que gira el eje del motorreductor de 3 Hp y con ello la velocidad de los rodillos de tiraje.

En conclusión, el variador de frecuencia adecuado para nuestro proyecto podrá trabajar a una tensión ya sea de 110 V o 220 V pero este tendrá que ser capaz de proporcionar a su salida una tensión de 220 V trifásico, además la frecuencia de trabajo de esta tiene que ser de 60 Hz ya que es la que proporciona la línea de alimentación, también tiene que poseer la característica de poder trabajar a una potencia de 2.2 Kw que es la potencia con la trabaja el motor eléctrico.

Por lo tanto, POWTRAN PI500A es el variador seleccionado, ya que cuenta con los requisitos adquiridos y analizados.

## Figura 22

### Nomenclatura del modelo de variador de frecuencia Powtran PI500A



*Nota.* Tomado de: (POWTRAN, 2020). En la figura se muestra la designación del variador de frecuencia.

**Tabla 9***Características del variador de frecuencia Powtran PI500*

Características	
Modelo	PI150 2R2G3
Potencia eléctrica de salida	2.2 Kw
Potencia mecánica de entrada	3 hp
Potencia mecánica de salida	3 hp
Voltaje de alimentación	220 V
Frecuencia de trabajo	50Hz / 60 Hz
Rango de frecuencia que varía a su salida	0-400 Hz

**Figura 23***Variador de frecuencia adquirido*

*Nota.* En la figura se muestra el variador de frecuencia POWTRAN adquirido para la elaboración del proyecto

### 3.5. Interruptor termomagnético

El interruptor termomagnético es un dispositivo eléctrico de protección y sirve para evitar que sobrecargas y cortocircuitos afecten a los elementos de un sistema eléctrico. Para seleccionar un interruptor termomagnético es necesario saber la corriente nominal que circulará a través de todo sistema eléctrico y la tensión de la red eléctrica.

En nuestro caso es necesario saber la corriente nominal del motor trifásico el cual se puede encontrar en la placa de datos del motor o en la tabla de características que se muestra a continuación.

**Tabla 10**

*Características del motor adquirido*

Características	Valor
Potencia eléctrica	2.2 Kw
Potencia mecánica	3 hp
Voltaje de entrada	220/380/440
Frecuencia	60 Hz
Corriente nominal	8.15/4.72/4.08 A
Velocidad angular	1745 rpm
Tipo de motor	Trifásico

En la tabla de características del motor podemos observar que cuando el motor trabaje a una tensión de 220 voltios, la corriente nominal será de 8.15 amperios por lo que nos guiaremos en la siguiente tabla para seleccionar el más adecuado.

**Tabla 11***Lista de interruptores termomagnéticos tripolares marca CHINT*

Código	Modelo	Descripción			Precio unitario USD
		Corriente Nominal (In)	Capacidad de interrupción (Icu)	Polos	
CHI0083A	NXB-63 3P 10A	10A	6KA	3 POLOS	\$7.85
	10A 6KA				
CHI0084A	NXB-63 3P 16A	16A	6KA	3 POLOS	\$7.85
	16A 6KA				
CHI0085A	NXB-63 3P 20A	20A	6KA	3 POLOS	\$8.10
	20A 6KA				
CHI0086A	NXB-63 3P 32A	32A	6KA	3 POLOS	\$8.65
	32A 6KA				
CHI0087A	NXB-63 3P 40A	40A	6KA	3 POLOS	\$8.65
	40A 6KA				
CHI0088A	NXB-63 3P 50A	50A	6KA	3 POLOS	\$9.20
	50A 6KA				

*Nota.* Tomado de: (Laucol, 2021)

Sabiendo que la corriente nominal del motor eléctrico es de 8.15 amperios, se puede determinar que el interruptor termomagnético necesario para la protección de dicho motor tiene que soportar un amperaje igual o mayor que la corriente nominal del motor, por tal razón se optó por comprar un interruptor termomagnético de 10 Amperios, misma que se encuentra marcada en la tabla número 11.

### **Figura 24**

*Interruptor termomagnético adquirido*



*Nota.* En la figura se muestra el interruptor termomagnético marca CHINT adquirido para la elaboración del proyecto.

### **3.6. Conductor**

Los conductores eléctricos nos permitirán realizar las conexiones entre los dispositivos de control y fuerza del sistema de alisado, mismos cuyo calibre será distinto dependiendo si se usa para la sección de fuerza o para la sección de control.

### 3.6.1. Conductor eléctrico para la alimentación del motor

Para la selección del conductor eléctrico utilizado para la alimentación del motor se tomará en cuenta variables como la distancia existente desde el tablero de control hasta el motor y la corriente de consumo del motor la cual se procede a calcular a continuación.

$$I_{consumo} = \frac{Hp \times 746}{\sqrt{3} \times V \times \eta \times fp}$$

$$I_{consumo} = \frac{3 Hp \times 746}{\sqrt{3} \times 220 v \times 0.88 \times 0.81}$$

$$I_{consumo} = 8.23 \text{ amp}$$

*Distancia del motor al tablero de control = 10 metros*

En la figura 25 se muestra una tabla de la sección del conductor en función de la distancia que existe desde la fuente de alimentación hasta el motor y también se encuentra una sección donde se detalla la sección del conductor en función a la corriente que consume el motor, por tal razón se utilizara esta tabla para seleccionar el conductor más apropiado para la alimentación del motor.

Figura 25

Sección de conductores en función de la distancia y corriente de consumo

SECCION DEL CONDUCTOR EM FUNCION DE LA DISTANCIA														
Volts	DISTANCIA EM METROS													
110	5,0	10,0	15,0	20,0	25,0	30,0	35,0	40,0	45,0	50,0	55,0	60,0	65,0	70,0
127	5,8	11,5	17,3	23,1	28,9	34,6	40,4	46,2	52,0	57,7	63,5	69,3	75,0	80,8
220	10,0	20,0	30,0	40,0	50,0	60,0	70,0	80,0	90,0	100,0	110,0	120,0	130,0	140,0
230	10,5	20,9	31,4	41,8	52,3	62,7	73,2	83,6	94,1	104,5	115,0	125,5	135,9	146,4
380	17,3	34,5	51,8	69,1	86,4	103,6	120,9	138,2	155,5	172,7	190,0	207,3	224,5	241,8
400	18,2	36,4	54,5	72,7	90,9	109,1	127,3	145,5	163,6	181,8	200,0	218,2	236,4	254,5
440	20,0	40,0	60,0	80,0	100,0	120,0	140,0	160,0	180,0	200,0	220,0	240,0	260,0	280,0
500	22,7	45,5	68,2	90,9	113,6	136,4	159,1	181,8	204,5	227,3	250,0	272,7	295,5	318,2
TRIFASICO	FP	0,85	Calda Maxdma	22	v	10	%	E. Ref	220	v	I Arrq.	4,33		
Amp.	SECCION MINIMA EM MM2													
1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7
2	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4
3	0,2	0,3	0,5	0,6	0,8	0,9	1,1	1,2	1,4	1,5	1,7	1,8	2,0	2,1
5	0,3	0,5	0,8	1,0	1,3	1,5	1,8	2,0	2,3	2,5	2,8	3,1	3,3	3,6
7,5	0,4	0,8	1,1	1,5	1,9	2,3	2,7	3,1	3,4	3,8	4,2	4,6	5,0	5,3
10	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,1	3,6	4,1	4,6	5,1	5,6	6,1	6,6	7,1
12,5	0,6	1,3	1,9	2,5	3,2	3,8	4,4	5,1	5,7	6,4	7,0	7,6	8,3	8,9
15	0,8	1,5	2,3	3,1	3,8	4,6	5,3	6,1	6,9	7,6	8,4	9,2	9,9	10,7
17,5	0,9	1,8	2,7	3,6	4,4	5,3	6,2	7,1	8,0	8,9	9,8	10,7	11,6	12,5
20	1,0	2,0	3,1	4,1	5,1	6,1	7,1	8,1	9,2	10,2	11,2	12,2	13,2	14,2
25	1,3	2,5	3,8	5,1	6,4	7,6	8,9	10,2	11,4	12,7	14,0	15,3	16,5	17,8
30	1,5	3,1	4,6	6,1	7,6	9,2	10,7	12,2	13,7	15,3	16,8	18,3	19,8	21,4

Nota. Tomado de: (Antón). En la figura se detalla la sección de un conductor en función a la corriente nominal y en función a la longitud de conductor necesario.

Apoyándonos en la tabla representada en la figura 25 podemos determinar que la sección mínima para el conductor de alimentación del motor eléctrico debe poseer una sección transversal igual a 1,5 mm<sup>2</sup>, sin embargo, la norma ecuatoriana de construcción en el capítulo 15 inciso 1 apartado 7 nos indica lo siguiente; “La sección de los

conductores en circuitos de fuerza, calefacción o combinación de estos consumos será mínimo No. 12 AWG". (NEC, 2013)

Por lo tanto, el conductor seleccionado para la alimentación del motor trifásico es del calibre No. 12 cuya sección transversal se puede observar en la tabla número 13.

**Tabla 12**

*Tabla conversión de conductores AWG a mm<sup>2</sup>*

AWG/kcmil	mm <sup>2</sup>
20	0,52
18	0,82
16	1,31
14	2,08
12	3,31
10	5.26
8	8.36

*Nota.* Tomado de: (Design, 2010)

### **3.7. Selección de luces piloto**

Las luces piloto que se seleccionaron para el tablero de control fueron una de color verde, la cual cuando se encienda nos indicara que el motorreductor y los rodillos de tiraje están en funcionamiento, también se escogió una luz piloto de color rojo cuya función será indicar que el motor se encuentra apagado por que se ha oprimido el pulsador de paro de emergencia.

**Figura 26**

*Luces piloto*



### **3.8. Selección de selector**

En el tablero de control era necesario contar con un elemento que abra y cierre el circuito para alimentar tanto al variador de frecuencia como al motor o suspender su alimentación, por tal motivo se escogió un selector de dos posiciones para que en cada posición cumpla las funciones antes mencionadas.

**Figura 27**

*Selector de 2 posiciones*



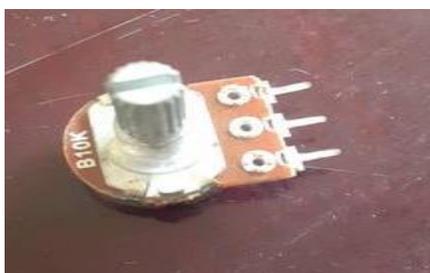
### **3.9. Selección del potenciómetro**

La variación de la velocidad se la podía realizar mediante las teclas del variador de frecuencia, pero para ello era necesario abrir el tablero de control a cada instante, pero

el variador de frecuencia posee entradas en las cuales se puede agregar un potenciómetro para poder variar la frecuencia a través de este dispositivo, ya que se contaba con dicha característica se optó por seleccionar un potenciómetro electrónico de 10 Kiloohmios para ubicarlo en la tapa del tablero de control y así variar la velocidad del motorreductor sin necesidad de abrir el tablero de control.

### **Figura 28**

*Potenciómetro de 10 Kiloohmios*



### **3.10. Selección de pulsadores**

Para encender y apagar tanto el variador de frecuencia como el motorreductor se seleccionaron un par de pulsadores puesto que estos podrían trabajar con el contactor, se escogió un pulsador de color verde para el encenderlos y uno de color rojo para apagarlos.

### **Figura 29**

*Pulsadores*



## Capítulo IV

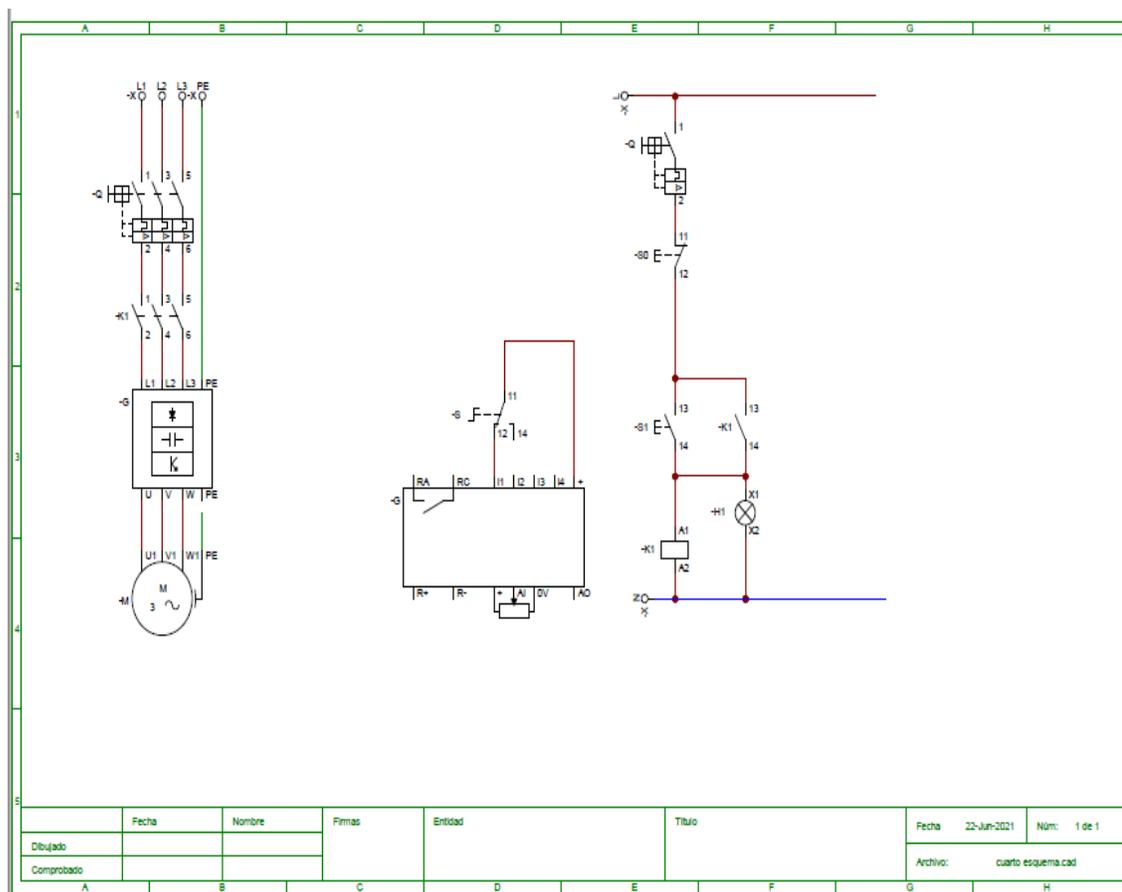
### 4. Desarrollo del Proyecto

#### 4.1. Simulación del sistema eléctrico en CADESIMU

Antes de realizar el ensamble y conexión de los dispositivos eléctricos, electrónicos y mecánicos, se realizó el circuito de fuerza y control en el software CADESIMU, para simularlo y verificar su funcionamiento.

**Figura 30**

*Esquema de fuerza y control para el arranque del motorreductor*



*Nota.* En la figura se muestra el esquema de fuerza y control para el arranque y paro del motor eléctrico en conjunto con el variador de frecuencia.

Después de simular los circuitos de fuerza y control pudimos verificar que los dispositivos ocupados y las conexiones realizadas son las adecuadas para poder realizar el ensamble de lo que será el sistema alisador de plástico.

#### 4.2. Instalación del tablero de control

Buscando acortar la distancia entre el tablero y el motor, este tablero se ubicó en una estructura metálica que se encontraba a dos metros de la torre compacta sobre el cual se encuentra ubicado el motorreductor, de esa manera la longitud del cable de alimentación también sería menor. Para que posteriormente se asegure el tablero con pernos en dicho lugar se realizaron 4 orificios.

#### Figura 31

*Tablero de control antiguo*



*Nota.* En la figura se muestra el tablero de control que se usaba anteriormente para la manipulación del motor eléctrico antiguo.

El siguiente paso sería realizar el ensamble del nuevo tablero eléctrico y para eso se ubicó un riel-din en la placa que viene en conjunto dentro del tablero de control, esto para la sujeción del interruptor termomagnético, contactor y variador de frecuencia.

### Figura 32

*Ubicación de los elementos de control y protección dentro del tablero*



*Nota.* En la figura se muestra cómo se ubicó el variador de frecuencia, contactor e interruptor termomagnético sobre el riel-din que se encuentra en la placa del tablero de control.

En la tapa del tablero de control se ubicaron elementos de mando y señalización como lo son los pulsadores, luz piloto, potenciómetro y selector de dos posiciones.

Se ubicó un pulsador para alimentar el tablero de control y otro pulsador para un paro de emergencia, el selector de dos posiciones se lo utilizara para que en una posición alimente al motorreductor y en la otra posición lo desconecte de la alimentación.

Se incorporó un potenciómetro de 10k en la tapa del tablero como un elemento alterno para poder variar la velocidad de rotación del eje del motorreductor sin la necesidad de abrir el tablero de control.

**Figura 33**

*Ubicación de pulsadores, pilotos, selector y potenciómetro en el tablero*



*Nota.* En la figura se muestra cómo se ubicaron los pulsadores, luz piloto y selector sobre la tapa del tablero de control.

Después de tener ubicados los elementos tanto en la placa del tablero eléctrico como en la tapa se realizaron las conexiones antes simuladas en el software CADESIMU, para dichas conexiones se utilizó un cable flexible de calibre 14 AWG y se ubicaron las espirales de plástico para que se encuentren de una forma ordenada.

**Figura 34**

*Conexiones del circuito de control*



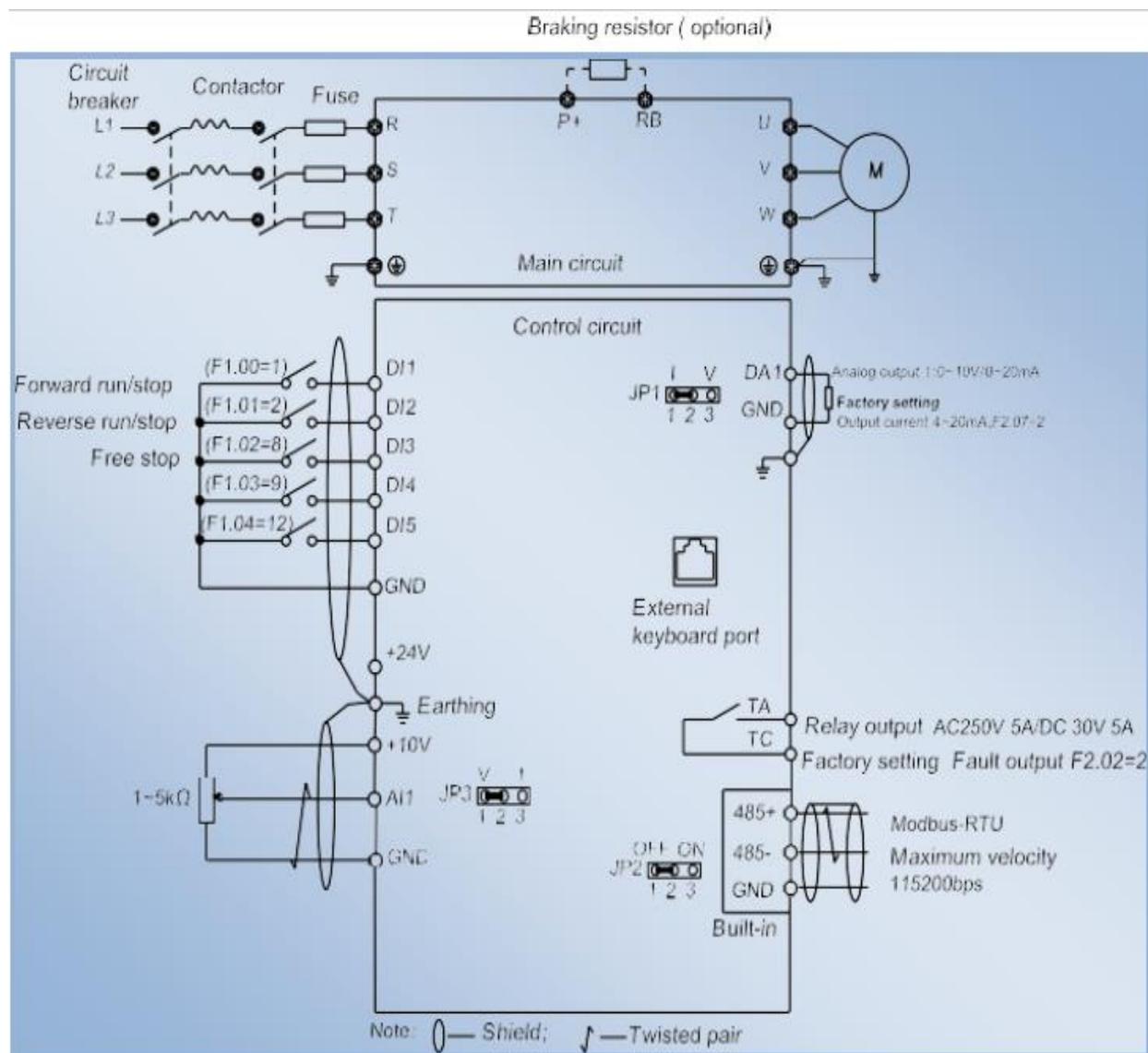
*Nota.* En la figura se muestra cómo se realiza la conexión entre los pulsadores, piloto, selector y los elementos del interior del tablero como lo son el interruptor termomagnético, contactor y variador de frecuencia.

Desde el variador de frecuencia se realizaron conexiones al selector de dos posiciones para dar marcha y paro al motor, al potenciómetro para variar la velocidad desde la parte externa del tablero y por último al motor eléctrico.

Tanto el potenciómetro de 10 Kilo-ohmios como el selector de dos posiciones se las conecta a las entradas asignadas en el variador de frecuencia en cambio el conductor de alimentación del motor se la conecta en las respectivas salidas que se encuentran en el variador de frecuencia. Para realizar dichas conexiones se utilizó el diagrama de cableado del variador que se puede observar a continuación.

Figura 35

Diagrama de cableado del variador de frecuencia PI150



Nota. En la figura se muestran las entradas y salidas del variador de frecuencia POWTRAN PI150 y la forma en que se pueden conectar la alimentación, el motor eléctrico, el selector, potenciómetro entre otras conexiones opcionales. Tomado de: (POWTRAN, 2020).

Por último, se ubicó el tablero y se la aseguro con pernos de 1 pulgada sobre la estructura mencionada anteriormente, exactamente en el mismo lugar donde se encontraba ubicado el tablero de control antiguo, ubicación que había sido escogida porque al encontrarse cerca del extrusor les sería fácil visualizar la velocidad con la que los rodillos tiran de la lámina de plástico y de esa manera poder variar la velocidad según sea necesario.

### **Figura 36**

*Ubicación del tablero de control en la estructura correspondiente*



### **4.3. Instalación del motorreductor**

El primer paso es realizar es el acople entre el motor y la caja reductora, procedimiento que se lo realiza retirando la tapa delantera del motor, para lo cual se tuvo que retirar primero la chaveta del eje del motor.

Para el acople entre el motor con la caja reductora se realiza una unión simple entre el eje hueco de la caja reductora con el eje del motor, al mismo tiempo que los ejes se unen también juntarán las bridas tanto del motor como de la caja de la caja reductora

y para asegurar el acople entre ambos elementos se pasarán pernos por ambas bridas y se los ajustará hasta tener un buen agarre.

Los pernos utilizados para ajustar las bridas de estator son pernos con brida hexagonal de 8 milímetros, ya que el orificio tanto del reductor como del motor tienen los 8 milímetros de diámetro, además estos poseen una resistencia de 8.8(800N/m<sup>2</sup>).

### **Figura 37**

*Motor trifásico sin la tapa delantera*



*Nota.* En la figura se muestra el motor eléctrico después de haber retirado la tapa delantera.

### **Figura 38**

*Ubicación de la caja reductora sobre el eje del motor*



*Nota.* En la figura se muestra cómo se ubica la caja reductora sobre el eje del motor eléctrico.

**Figura 39**

*Acople de la caja reductora al motor*



*Nota.* En la figura se muestra cómo se acopló la caja reductora al motor eléctrico mediante pernos.

Seguido se realiza la conexión respectiva de las borneras del motor, que en este caso al pretender alimentarlo con una tensión de 220 voltios se realizó una conexión en triángulo y de esta manera obtener el arranque adecuado.

**Figura 40**

*Conexión en triángulo de los bornes del motor*



*Nota.* En la figura se muestra la conexión en triángulo que se realizó con los bornes del motor.

El lugar adecuado para ubicar el motorreductor sería en la parte superior de la torre compacta y el método de sujeción a la torre sería mediante pernos, para lo cual se midió la distancia entre los 4 orificios y dichas medidas se las señalo en la estructura de la torre para proceder a realizar los agujeros faltantes ya que 2 de los 4 agujeros ya se encontraban ahí porque se los usaba para ajustar el motor anterior.

#### **Figura 41**

*Toma de medidas de distancia entre los orificios de la caja reductora*



*Nota.* En la figura se muestra el instante en que se tomaron las medidas de distancia existentes entre cada uno de los agujeros de la caja reductora usando un pie de rey.

Por último, se ubicó la caja reductora sobre la estructura y se utilizaron pernos de  $\frac{3}{4}$  de pulgada para sujetarlo, se seleccionó ese perno ya que este perno es capaz de soportar una carga de hasta 20kg y en este caso los 4 pernos serán capaces de soportar el peso del motor que es 26 kg.

#### **Figura 42**

*Ubicación y fijación del motorreductor sobre la estructura*



*Nota.* En la figura se muestra el motorreductor ya asegurado a la estructura mediante los pernos correspondientes.

Para culminar se realizó la conexión del motorreductor con el tablero de control mediante un conductor de calibre número 10.

#### 4.4. Lubricación del reductor de velocidad

Para la lubricación del reductor de velocidad sinfín corona se utilizó un aceite sintético su aplicación genera un bajo coeficiente de rozamiento y así protege del desgaste tanto a la corona como al rodillo.

#### 4.5. Configuración del Variador de Frecuencia

El variador de frecuencia PI150 posee en la pantalla las siguientes teclas

#### Figura 43

*Display y teclas del variador de frecuencia PI150*



*Nota.* Tomado de: (POWTRAN, 2020)

Figura 44

*Teclas y funciones del variador de frecuencia Powtran PI500*

Tecla	Nombre	Función
	Parámetro configuración / tecla <b>esc</b>	* Entrar en el estado modificado del menú principal; * <b>Esc</b> de la modificación de parámetros funcionales; * <b>Esc</b> submenú o menú funcional al menú de estado
	Tecla Shift	* Elija el parámetro mostrado circularmente bajo la interfaz de ejecución o parada; elegir la posición modificada del parámetro al modificar el parámetro
	Clave creciente	* Número de parámetro o función creciente
	Tecla decreciente	* Parámetro o número de función decreciente
	Ejecutando clave	* Para comenzar a correr en el modo de estado de control del teclado
	Tecla de parada / reinicio	* Para detener la ejecución en el estado de ejecución; para restablecer la operación en estado de alarma de falla. La función de la tecla está sujeta a F6.00
	Introducir clave	* Paso a paso en la pantalla del menú, configure los parámetros para confirmar.
	Rápido multifunción llave	* La función de esta tecla está determinada por el código de función F6.21

*Nota.* Tomado de: (POWTRAN, 2020)

Para realizar la configuración del variador de frecuencia se ingresó al menú de operación y se eligieron los parámetros a modificar necesarios para el arranque del motor eléctrico, parámetros como los que se muestran en la siguiente figura.

**Figura 45**

*Códigos y parámetros para configuración del variador de frecuencia*

Código	Nombre del parámetro	descripción funcional	Fábri ca ajust e
d0,00	Frecuencia de funcionamiento	Frecuencia de funcionamiento teórica del convertidor	0,01 Hz
d0.01	Establecer frecuencia	Frecuencia establecida real	0,01 Hz
d0.02	Voltaje del bus de CC	Valor detectado para la tensión del bus de CC	0,1 V
d0.03	Tensión de salida	Tensión de salida real	1V
d0.05	Potencia de salida	para la potencia de salida del motor Porcentaje de par de	0,1 kW

*Nota.* Tomado de: (POWTRAN, 2020)

De esta tabla que se representa en la figura 45 se utilizaron los siguientes códigos utilizados:

- El código d0,00 para establecer los 60 hz como frecuencia de funcionamiento
- El código d0,03 para establecer los 220 voltios trifásicos a la salida donde se conecta el cable de alimentación del motor
- El código d0,05 para establecer los 3 hp como la potencia que se obtendrá a la salida.

Para habilitar las entradas donde se encontraban conectadas el selector de 2 posiciones y el potenciómetro también se tuvieron que configurar parámetros como los que se muestran en la siguiente figura.

Figura 46

## Grupo de parámetros funcionales básicos

Código	Nombre del parámetro	Rango de ajuste
F0.00	Modo de control del motor	0: Control vectorial sin PG; 2: control V/F
F0.01	Frecuencia de ajuste del teclado	0.00Hz ~ F0.1θ (frecuencia máxima)
F0.02	Comando de frecuencia	1: 0,1 Hz 2: 0,01 Hz
F0.03	Maestro de fuente de frecuencia ajuste	0: frecuencia de ajuste del teclado (F0.01, ARRIBA / ABAJO se puede modificar, apagado sin memoria) 1: frecuencia de ajuste del teclado (F0.01, ARRIBA / ABAJO se puede modificar, apagar con memoria); 2: Configuración analógica AI1; 4: Ajuste del potenciómetro del panel (uso de teclado externo); 6: ajuste de funcionamiento de varias velocidades; 7: Configuración simple del programa PLC; 8: ajuste de control PID; 9: Configuración de comunicaciones remotas
F0.11	Selección de fuente de comando	0: Control de teclado (LED apagado); Control de bloque de terminales (LED encendido) 2: Control de comandos de comunicaciones (el LED parpadea) 3: Control de teclado + control de comando de comunicaciones 4: control de teclado + control de comando de comunicaciones + control de bloque de terminales
F0.12	Fuente de frecuencia de enlace para fuente de comando	Dígito de unidades: selección de fuente de frecuencia de enlace de comando del teclado 0: no enlazado; 1: frecuencia de ajuste del teclado; 2: ajuste AI1; 4: Ajuste del potenciómetro del panel (teclado externo) 6: Ajuste de varias velocidades; 7: Configuración simple del PLC; 8: configuración PID;

Nota. Tomado de: (POWTRAN, 2020)

De la tabla representada en la figura 46 se utilizaron los siguientes códigos:

- El código F0.03 para habilitar las entradas donde se encuentra conectado el potenciómetro
- El código F0.11 para habilitar las entradas donde se encuentra conectado el selector de 2 posiciones.

En las siguientes imágenes se observa el proyecto finalizado o en otras palabras el sistema alisador de plástico ensamblado completamente.

**Figura 47**

*Ensamble completo del sistema alisador*



**Figura 48**

Tablero de control del sistema alisador de plástico



**Figura 49**

*Parte interna del tablero de control*



## Capítulo V

### 5. Funcionamiento y pruebas

#### 5.1. Funcionamiento del sistema alisador de plástico

Para realizar las pruebas de funcionamiento se energizó el tablero eléctrico mediante el interruptor termomagnético para observar que tanto como el selector, potenciómetro y variador de frecuencia funcionen correctamente.

##### 5.1.1. *Funcionamiento del selector*

El selector de dos posiciones fue utilizado para energizar y desconectar de la alimentación al motorreductor por lo que cuando se energizó el tablero eléctrico se verificó que esté en la posición en la que sus terminales no están en uso en cambio para energizar el motorreductor se movió la perilla del selector a la otra posición y así se observó que este elemento si cumple su función.

##### 5.1.2. *Funcionamiento del variador de frecuencia*

El variador de frecuencia empieza a funcionar desde que se presiona el pulsador de arranque, y para verificar su funcionamiento en conjunto con el motorreductor se lo energizó utilizando el selector, de esta forma se pudo variar la velocidad del motorreductor mediante las teclas que se encuentran en bajo el display del variador, velocidades que van desde los 0 rpms hasta 115 rpms en ese momento por la necesidad de producir una bobina de plástico de 50 micras de espesor se dejó ajustado el variador a una velocidad de 30 rpms.

### **5.1.3. Funcionamiento del potenciómetro electrónico de 10 K $\Omega$**

Este potenciómetro que está en conexión con entradas del variador de frecuencia la utilizamos cerrando el tablero de control, con este sencillo dispositivo de tres pines variamos la velocidad de giro de los rodillos girando la perilla en sentido horario y antihorario.

Girando la perilla del potenciómetro se observó en el display del variador que este elemento si cumplía su función de variar la velocidad, contando ahora con dos opciones para variar la velocidad siendo una mediante el potenciómetro y la otra mediante las teclas del variador de frecuencia.

### **5.1.4. Funcionamiento del motorreductor**

El eje del motorreductor se movía a una velocidad determinada por el variador de frecuencia o potenciómetro, dicho parámetro se la verificó haciendo uso de un tacómetro dándonos lecturas de velocidades iguales a las del display del variador de frecuencia.

### **5.1.5. Funcionamiento de los rodillos de tiraje**

Se puso a funcionar el extrusor y este mediante un flujo de aire envía el globo de plástico hacia la calandra de tiraje y ahí es interceptada por los rodillos de tiraje mismos que se movían a la velocidad del motorreductor que en ese caso era de 30 rpms, consiguiendo así al otro lado de los rodillos una lámina de plástico de 50 micras.

**Figura 50**

*Proceso de estiramiento y alisado de la lámina de plástico*



*Nota.* En la figura se puede apreciar el proceso de estiramiento y alisado de la lámina de plástico desde la parte superior de la calandra de tiraje.

**Figura 51**

*Torre compacta*



*Nota.* En la figura se puede apreciar la torre en cuya cima se encuentra ubicado el motorreductor junto con los rodillos de tiraje.

### 5.1.6. Capacidad de producción

Para determinar la capacidad de trabajo del nuevo sistema de alisado de se realizó una comparación de la producción por horas del antiguo sistema con la capacidad de producción del nuevo sistema alisador.

**Tabla 13**

*Datos de producción por hora del sistema alisador antiguo*

Espesor de la lámina de plástico (micras)	Horas trabajadas al día	Horas de falla de la máquina	Producción promedio de la máquina en kg/h	Producción total de la máquina en 8 horas
50	6h	2	52 kg/h	416 kg
80	6h	2	37 kg/h	296 kg
125	6h	2	28 kg/h	224 kg
Total	18h	6	117 kg/h	936 kg

En la tabla número se puede observar que en horas fallas de la máquina son de 6 horas, esto se debe que, al sobrecalentarse el motor reductor, la máquina es obligada a detenerse y así perdiendo tiempo y dinero, en el cual se debe observar que el tiempo influye demasiado en la producción y esto conlleva al problema de que produzca menos cantidades de plástico en el día

**Tabla 14**

*Datos de producción por hora del sistema alisador nuevo*

Espesor de la lámina de plástico (micras)	Horas trabajadas al día	Horas de falla de la máquina	Producción promedio de la máquina en kg/h	Producción total de la máquina en 8 horas
50	8h	0	65 kg/h	520 kg
80	8h	0	49 kg/h	392 kg
125	8h	0	40 kg/h	320 kg

Espesor de la lámina de plástico (micras)	Horas trabajadas al día	Horas de falla de la máquina	Producción promedio de la máquina en kg/h	Producción total de la máquina en 8 horas
Total	24h	0	150 kg/h	1232 kg

Al observar las tablas podemos darnos cuenta cómo el sistema alisador de plástico nuevo puede ser capaz de un porcentaje mayor de plástico durante un día, en comparación con la capacidad de producción del sistema alisador de plástico antiguo.

## Capítulo VI

### 6. Conclusiones y Recomendaciones

#### 6.1. Conclusiones

- Realizamos el análisis de los sistemas alisadores de plástico en el cual consideramos que la mejor opción para optimizar el sistema alisador de plástico que se encuentra en la empresa PLASTICOTOPAXI es utilizando un motor que sea capaz de trabajar durante varias horas seguidas sin presentar problemas en conjunto con una caja reductora que trabaje a la par del motor, ya con ese cambio se obtendría un incremento considerable en la producción.
- Se verificaron los elementos eléctricos, electrónicos y mecánicos, llegando a descubrir que en el motor eléctrico se generaba una gran pérdida de potencia ya que estaba diseñada para funcionar a 50 hz, por lo que el cambio de este era necesario junto con la caja reductora y un variador de frecuencia de la misma potencia que el motor eléctrico.
- Los elementos seleccionados para la repotenciación del sistema alisador de plástico fueron analizados y justificados mediante tablas.
- El variador de frecuencia se lo utiliza para controlar la velocidad del motor eléctrico, pero además nos permite realizar un arranque suave y de esta manera su consumo de corriente en el momento del arranque no será superior a la nominal por lo que el calibre del conductor de alimentación del motor se seleccionó tomando en cuenta la intervención que tendrá el variador de frecuencia para su arranque.
- Gracias al software Cade Simu se pudo simular el sistema eléctrico de nuestro proyecto, por lo que después de observar su correcto

funcionamiento en el software procedimos a ensamblar cada uno de los elementos eléctricos electrónicos y mecánicos en la empresa PLASTICOTOPAXI teniendo resultados favorables con la realización del proyecto.

- Se realizó una prueba de funcionamiento de la capacidad de tiraje del nuevo sistema alisador, para ello fue necesario encender el extrusor la que nos proporcionó una lámina de plástico misma que fue interceptada por los rodillos de tiraje los cuales en aquel momento giraban a una velocidad de 30 rpms dándonos, así como el producto final una lámina de plástico de 50 micras de espesor y sin ningún error superficial.
- Anteriormente la producción de plástico en un día llegaba hasta los 936 kilogramos, al sustituir los componentes del sistema alisador de plástico la producción total aumentó hasta un promedio de 1232 kilogramos en un día, verificando así que la repotenciación tuvo resultados favorables.

## 6.2. Recomendaciones

- Cuando se seleccione un motor eléctrico asegurarse de proporcionar al fabricante los datos necesarios para que su motor funcione perfectamente y que no tenga ningún inconveniente al funcionar, pues si se lo selecciona de mala manera ocasionará que su motor no rinda en el trabajo que necesite.
- Llevar a cabo un mantenimiento preventivo cada 3 meses para verificar el estado de los rodamientos y además realizar la debida limpieza y lubricación.
- Verificar que los elementos de protección, tanto de cortocircuito como de sobrecarga cumplan correctamente su función, para así asegurar la vida útil del motor.

## 7. Bibliografía

- Alfonso, D. (13 de Abril de 2020). *XDOC*, CHINT. Recuperado el 1 de junio de 2021, de:  
<https://xdocs.pl/doc/capacitación-uyustools-13-abril-2020-ffv-contadores-280lzkz73g8w>
- Alibaba*. (2020). Recuperado el 21 de mayo de 2021, de  
<https://spanish.alibaba.com/product-detail/traction-rubber-roller-60020667621.html?fbclid=IwAR1wb6gxDI2P-TzoA5xUUSDG0JpZtHNnqjVEPjTeyDLgyXEjH-y3K4kgPZQ>
- Antón, M. (s.f.). *Riunet*. Recuperado el 18 de julio de 2021, de  
[https://m.riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/51872/OA\\_CALCULO\\_MOTORE\\_S.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://m.riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/51872/OA_CALCULO_MOTORE_S.pdf?sequence=3&isAllowed=y)
- Bekam. (2017). *Luces Piloto*. Recuperado el 27 de mayo de 2021, de Documento PDF:  
[http://bekam.cl/wp-content/uploads/2017/08/Luces\\_Piloto\\_final.pdf](http://bekam.cl/wp-content/uploads/2017/08/Luces_Piloto_final.pdf)
- Centelsa. (2017). *Centelsa*. Recuperado el 25 de mayo de 2021, de  
<https://www.centelsa.com/archivos/Manual-del-eléctrico-2017-ok.pdf>
- Chaves, J. A. (2019). *Repositorio utp*. Recuperado el 23 de mayo de 2021, de  
<http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/9825/T621.833%20P944.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Design, Z. (Abril de 2010). *Gemsa*. Recuperado el 8 de junio de 2021, de Gemsa:  
[https://gemsaid.com/component/k2/23/tabla-de-conversión-mm2-a-awghttps://gemsaid.com/component/k2/23/tabla-de-conversión-mm2-a-awg?fbclid=IwAR2NI2-qT304GPYX7T5ey6ujNM6wFOqoB1jYmestrFvz5veHZyiva04q\\_as](https://gemsaid.com/component/k2/23/tabla-de-conversión-mm2-a-awghttps://gemsaid.com/component/k2/23/tabla-de-conversión-mm2-a-awg?fbclid=IwAR2NI2-qT304GPYX7T5ey6ujNM6wFOqoB1jYmestrFvz5veHZyiva04q_as)
- Domínguez, M. G. (2 de agosto de 2007). *redalyc*. Recuperado el 25 de mayo de 2021, de

<https://www.redalyc.org/pdf/2251/225117646004.pdf?fbclid=IwAR1pynGyJyMoXJxjtqPL1I3PoNCB1DWp6QXCuXx9nqvxFTe78Md3td0GGqc>

Garrigos, J. (Noviembre de 2011). *Sistemas Automáticos de Producción Alimentaria*.

Recuperado el 23 de mayo de 2021, de Archivo PDF:  
[http://platea.pntic.mec.es/~jgarrigo/SAP/archivos/1eva/introduccion\\_motores\\_ca.pdf](http://platea.pntic.mec.es/~jgarrigo/SAP/archivos/1eva/introduccion_motores_ca.pdf)

Hoyos, G. A. (2015). Recuperado el 23 de mayo de 2021, de  
<https://core.ac.uk/download/pdf/71398614.pdf>

Laucol. (22 de mayo de 2021). *Laucol*. Recuperado el 2 de junio de 2021, de  
<https://laucol.com.ec/wp-content/uploads/listas-de-precios/lista-de-precios-energía-laucol-ecuador.pdf>

Mariano. (19 de abril de 2012). *Tecnología de los plásticos*. Recuperado el 21 de mayo de 2021, de Tecnología de los plásticos:  
<https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2012/04/extrusión-de-película-soplada.html>

NEC. (enero de 2013). *Norma Ecuatoriana de Construcción*. Recuperado el 5 de agosto de 2021, de <https://www.ecp.ec/wp-content/uploads/2017/09/NECINSTALACIONESELECTROMECAÑICAS2013.pdf>

Omron. (s.f.). *Interruptor selector de maneta*. Recuperado el 27 de mayo de 2021, de Documento PDF:  
[https://assets.omron.eu/downloads/datasheet/es/v6/a125\\_a165s\\_w\\_knob-type\\_selector\\_switch\\_datasheet\\_es.pdf?fbclid=IwAR0eA1ryWZ3JZAmA6rjF06qG\\_Juk%203RcgurUIIWCxlyvsQmnm6h5d19QQW](https://assets.omron.eu/downloads/datasheet/es/v6/a125_a165s_w_knob-type_selector_switch_datasheet_es.pdf?fbclid=IwAR0eA1ryWZ3JZAmA6rjF06qG_Juk%203RcgurUIIWCxlyvsQmnm6h5d19QQW)

- Palermo. (s.f.). *Plásticos/otras tecnicas de conformado*. Recuperado el 21 de mayo de 2021, de Plásticos/otras técnicas de conformado: [https://fido.palermo.edu/servicios\\_dyc/blog/docentes/trabajos/23839\\_78930.pdf](https://fido.palermo.edu/servicios_dyc/blog/docentes/trabajos/23839_78930.pdf)
- POWTRAN. (2020). POWTRAN-PI150 English Manual V4.1. Recuperado el 27 de mayo de 2021, de <https://www.powtran.com/upload/202012/15/202012151754258451.pdf>
- Poza, L. A. (2006). EL MUNDO DEL AUTOMATIZMO. *El contactor y su entorno*. Recuperado el 25 de mayo de 2021, de [https://grudilec.com/wp-content/uploads/1.automatismos1-28.pdf?fbclid=IwAR1JS\\_u8q0ODSTOb7hbRYpO50XYmyTsWj7ozBLE8rnTB-ljEgQE1J8ZYryg](https://grudilec.com/wp-content/uploads/1.automatismos1-28.pdf?fbclid=IwAR1JS_u8q0ODSTOb7hbRYpO50XYmyTsWj7ozBLE8rnTB-ljEgQE1J8ZYryg)
- RANFE. (2012). *CATÁLOGO-DE-SELECCIÓN-RANFE*. Recuperado el 23 de mayo de 2021, de Documento PDF: [https://www.academia.edu/15428962/CATÁLOGO\\_DE\\_SELECCI%C3%93N\\_RA\\_MFE](https://www.academia.edu/15428962/CATÁLOGO_DE_SELECCI%C3%93N_RA_MFE)
- Rodríguez, A. (2012). *INSTRUMENTOS PARA TABLEROS*. Recuperado el 25 de mayo de 2021, de Documento PDF: [https://unac.edu.pe/documentos/organización/vri/cdcitra/Informes\\_Finales\\_Investigación/IF\\_DICIEMBRE\\_2012/IF\\_RODRÍGUEZ%20ABURTO\\_FIEE/LIBRO%20INSTRUMENTOS%20PARA%20TABLEROS.pdf](https://unac.edu.pe/documentos/organización/vri/cdcitra/Informes_Finales_Investigación/IF_DICIEMBRE_2012/IF_RODRÍGUEZ%20ABURTO_FIEE/LIBRO%20INSTRUMENTOS%20PARA%20TABLEROS.pdf)
- Silva, R. (29 de noviembre de 2011). *issuu*. Recuperado el 21 de mayo de 2021, de [issuu: https://issuu.com/saber.es.de.todos/docs/lección12.otrosmetodosconformado](https://issuu.com/saber.es.de.todos/docs/lección12.otrosmetodosconformado)
- Suárez, L. X. (3 de Agosto de 2017). Recuperado el 8 de mayo de 2021, de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/12956/1/T-UCE-0010-002-2017.pdf>

- Toapanta, J. Á. (2012). Recuperado el 8 de mayo de 2021, de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/229/3/T-UCSG-PRE-TEC-IEM-1.pdf>
- UCO. (2016). INTELÉCTMINT4. En UCO, *I.T.M. INSTALACIONES ELECTROMECAÑICAS*. Recuperado el 25 de mayo de 2021, de <http://www.uco.es/~el1bumad/docencia/minas/ie06t4.pdf?fbclid=IwAR3VHV0t1w2C35NdXUAkBlkbUhfLg9KObSv8Y0WnMb690jRcsX2nbTs-9Gw>
- UNLP. (s.f.). *UNLP*. Recuperado el 20 de julio de 2021, de <https://unlp.edu.ar/frontend/media/32/33732/cbe4aba99c3a4eccc904dd2c666d1f03.pdf>
- Villaroel, H. V. (2019). Recuperado el 8 de mayo de 2021, de [http://repositorio.uti.edu.ec/bitstream/123456789/1422/1/TESIS%20RODR%C3%8DGUEZ%20VILLARROEL%20HENRY%20VINICIO.pdf?fbclid=IwAR3Lx\\_srZmJuhv7r24IIHRpcsMEvSYAw70Vs5mleJAHyCJkDdx\\_RXvVjVog](http://repositorio.uti.edu.ec/bitstream/123456789/1422/1/TESIS%20RODR%C3%8DGUEZ%20VILLARROEL%20HENRY%20VINICIO.pdf?fbclid=IwAR3Lx_srZmJuhv7r24IIHRpcsMEvSYAw70Vs5mleJAHyCJkDdx_RXvVjVog)

## **8. Anexos**