



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**  
**INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

**PROPUESTA TECNOLÓGICA**

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA EMBALADORA DE CAJAS  
PARA MATERIAL FERRETERO EN LA EMPRESA CASA IMPORTACIONES DE  
LA CIUDAD DE AMBATO”**

Propuesta Tecnológica presentada previo a la obtención del Título de Ingenieros en  
Electromecánica.

**Autores:**

Jijón Izurieta Carlos Alexis

Villacis Vizhñay Byron Alexander

**Tutor Académico:**

Ing. MsC. Navarrete López Luis Miguel

**LATACUNGA – ECUADOR**

**Marzo 2022**



Ingeniería  
Electromecánica

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, Jijón Izurieta Carlos Alexis y Villacís Vizhñay Byron Alexander, declaramos ser autores de la presente Propuesta Tecnológica:

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA EMBALADORA DE CAJAS PARA MATERIAL FERRETERO EN LA EMPRESA CASA IMPORTACIONES DE LA CIUDAD DE AMBATO”, siendo el Ing. Ms.C. Navarrete López Luis Miguel tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Latacunga, marzo 2022.

Jijón Izurieta Carlos Alexis  
C.C. 050376323-7

Villacís Vizhñay Byron Alexander  
C.C.180495438-4



Ingeniería  
Electromecánica

## AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor de la Propuesta Tecnológica sobre el título:

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA EMBALADORA DE CAJAS PARA MATERIAL FERRETERO EN LA EMPRESA CASA IMPORTACIONES DE LA CIUDAD DE AMBATO”**, de Jijón Izurieta Carlos Alexis y Villacís Vizhñay Byron Alexander, estudiantes de la carrera de Ingeniería Electromecánica, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, marzo 2022.

Ing. Ms.C. Navarrete López Luis Miguel

C.C. 180374728-4



### APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe Tecnológico de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la FACULTAD de CIENCIAS de la INGENIERÍA y APLICADAS; por cuanto, los postulantes: Jijón Izurieta Carlos Alexis con C.I 050376323-7 y Villacís Vizhñay Byron Alexander con C.I 180495438-4 con el título de Proyecto de titulación: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA EMBALADORA DE CAJAS PARA MATERIAL FERRETERO EN LA EMPRESA CASA IMPORTACIONES DE LA CIUDAD DE AMBATO”**, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, marzo 2022

Para constancia firman:

**Lector 1 (Presidente)**

Ing. MBA. Héctor Raúl Reinoso  
Peñaherrera  
C.C. 050215089-9

**Lector 2**

Ing.Ms.C. Verónica Paulina Freire Andrade  
C.C. 050205622-9

**Lector 3**

PhD. Enrique Torres Tamayo  
C.C. 175712194-0



**CASA**  
IMPORTACIONES

**INGCO**  
Make The World In Your Hands

## AVAL DE IMPLEMENTACIÓN

Mediante el presente documento pongo a consideración que los señores Jijón Izurieta Carlos Alexis portador de número de cédula 050376323-7 y el estudiante Villacis Vizhñay Byron Alexander portador de número de cédula 1804 95438-4 estudiantes de la Universidad Técnica de Cotopaxi de la carrera de Ingeniería Electromecánica realizó la propuesta tecnológica **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA EMBALADORA DE CAJAS PARA MATERIAL FERRETERO EN LA EMPRESA CASA IMPORTACIONES DE LA CIUDAD DE AMBATO”** trabajo que fue desarrollado de manera satisfactoria logrando obtener resultados positivos.

Parte es todo cuánto puede certificar y autorizó a los interesados hacer el uso del presente documento en cuanto estime conveniente mientras se encuentre dentro del marco legal.

Carlos Eduardo Sanchez Pinto

C.C.1802563435

GERENTE PROPIETARIO

**CASA**  
IMPORTACIONES

CARLOS SÁNCHEZ  
RUC 1802563435001



## **AGRADECIMIENTO**

*Agradezco a Dios en primer lugar por brindarme la oportunidad de existir y ser la persona que soy, por brindarme sabiduría en esta etapa de mi vida universitaria, a mi padre Carlos Anibal Jijón Arias por ser un pilar fundamental en mi vida, por ser el promotor de mis sueños e ideales, por escucharme y aconsejarme, por ser un buen compañero de toda mi vida brindándome todo su amor y cariño y por ser un excelente Papá que me ha apoyado en toda mi vida de estudiante y hoy un profesional.*

*Agradezco también a mi madre, por darme la vida, por ser una madre incondicional que me brindó todo su amor quien fue testigo de mis anhelos y por apoyarme en todo sentido hasta los últimos días de su vida ya que hoy ocupa un lugar especial en el cielo.*

*De manera especial agradezco a una persona muy importante en mi vida, María Arias que para mí es como mi segunda madre quien estuvo a mi lado junto con mi padre, toda mi carrera universitaria brindándome ese apoyo, tanto moral como económico, cuando yo más lo necesitaba y hoy en día pude lograr mi meta tan anhelada de ser un profesional.*

*Como no agradecer a mi esposa por su apoyo incondicional hasta el final, por ser esa persona que siempre estuvo en todo momento conmigo, por brindarme esa motivación de seguir adelante con mi carrera y no dejarme caer, agradecer también a mis amigos y familiares más cercanos por apoyarme moralmente.*

*A la Universidad Técnica de Cotopaxi por brindarme esa oportunidad de formar parte de la familia utecina especialmente de la familia Electromecánica, que para mí ha sido como un segundo hogar, el cual estoy eternamente agradecido por formar parte de una maravillosa vida universitaria.*

*A mi tutor Ing. Ms.C. Navarrete López Luis Miguel un fraterno agradecimiento y mi gratitud hacia todas las personas mencionadas.*

*Alexis Jijón*



## AGRADECIMIENTO

*Ante todo quiero agradecer a Jehová Dios por darme fuerzas en el tiempo oportuno y dirigir mi vida para culminar mi carrera universitaria, ya que hoy en día hoy soy un hombre responsable, con buenos valores y sobre todo un buen ser humano.*

*A mi padre Juan Villacis por brindarme su apoyo incondicional y su esfuerzo arduo durante todos mis años de estudio, por enseñarme a ser un buen hijo y ser parte de mi formación profesional. Agradezco a mi madre Cruz Vizhñay por ayudarme en cada instancia de mi vida, que a pesar de las varias adversidades siempre he recibido su consuelo y su infinito amor para continuar y realizar mis sueños que hoy en día los estoy cumpliendo.*

*A mis hermanos por su apoyo moral y económico ya que han sido un pilar fundamental para que yo pueda concluir con mis estudios, doy gracias también por compartirme sus conocimientos tanto en las pruebas laborales como en las pruebas de la vida. Además cabe señalar que agradezco que hayan confiado en mí y mis capacidades, metas objetivos y sueños ya que hoy en día con orgullo y en voz alta puedo decirles que he llenado todas sus expectativas y retribuyéndoles como una meta finalizada de ser un ingeniero Electromecánico. A la vez agradecerles a mis tíos y primos por el amparo en los buenos y malos momentos.*

*Agradecer a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a la carrera de Ingeniería Electromecánica, quien ha compartido a través de docentes los conocimientos necesarios y fundamentales tanto académicos como humanísticos forjando en mí un carácter honesto, con ganas de salir a triunfar y con idealismos de liderazgos para desenvolverme en esta nueva etapa como profesional.*

*Al Ing. Navarrete López Luis Miguel un profundo y atento agradecimiento por el soporte, apoyo y sobre todo el impartirnos sus conocimientos para hacer realidad este proyecto, también a cada uno de los docentes que ayudaron a mi formación como profesional.*

Byron Villacís



## **DEDICATORIA**

*A mi padre Carlos Anibal Jijón Arias por brindarme siempre el apoyo incondicional de un padre para salir adelante y poder cumplir mi meta tan deseada y por brindarme siempre sus consejos, a mi madre que, aunque la lleve siempre en mi corazón, durante el tiempo de vida que tubo me brindó siempre ese amor de madre incondicional, a mi segunda madre María Arias, por siempre apoyarme junto a mi padre y por ser una persona consejera, a mi esposa Marisol por ser mi principal motor de salir adelante brindándome su comprensión y cariño en todo momento e incentivándome a salir adelante y finalmente a mi familia por formar parte de mi vida y confiar en mí.*

*Es para mí un orgullo el poder dedicarle todo mi esfuerzo y sacrificio que he realizado durante mi vida universitaria a las personas nombradas y me siento orgulloso de formar parte de cada una de ellas.*

*Alexis Jijón*



## **DEDICATORIA**

*A mi padre Juan Villacís que me brindo su guía, protección y ejemplo de lucha. A mi madre Cruz Vizhñay por ser la persona que me brindo todo su tiempo, cariño y fuerzas para salir adelante para cumplir mis sueños anhelados que es ser ingeniero, por enseñarme a hacerme fuerte en los momentos de oscuridad y en los tiempos de abundancia humildad. A mis hermanos Juan y Evelin por brindarme el apoyo para seguir creciendo tanto en lo profesional como en lo personal, por compartirme sus conocimientos y sus consejos en concreto a mi familia de parte paterno que siempre me brindaron el apoyo de forma emocional y financiero para culminar la carrera de ingeniería electromecánica.*

*Es por ello que inmensamente me complace en dedicar a estas personas toda mi dedicación, sacrificio y esfuerzo y que propiamente hoy en día me enorgullece en decir que se logró, y que agradezco que hasta hoy en la actualidad pueda seguir contando con cada una de ellas. Sin más que decir, expreso mi eterno respeto y gratitud por hacer de esto una meta más cumplida en mi vida.*

*Byron Villacís*



## INDICE GENERAL

<b>PORTADA</b> .....	i
DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	ii
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN.....	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....	iv
AGRADECIMIENTO .....	v
DEDICATORIA.....	vii
INDICE GENERAL .....	ix
INDICE DE TABLAS.....	xii
INDICE DE FIGURAS .....	xiv
RESUMEN .....	xv
ABSTRACT .....	xvi
AVAL DE TRADUCCIÓN.....	xvii
<b>1. INFORMACIÓN GENERAL</b> .....	<b>1</b>
<b>2. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>2</b>
2.1 EL PROBLEMA .....	2
2.1.1 Situación Problémica.....	2
2.1.2 Formulación del problema .....	3
2.2 OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN .....	3
2.2.1 Objeto de estudio.....	3
2.2.2 Campo de acción .....	3
2.2.3 Beneficiarios.....	4
2.3 JUSTIFICACIÓN .....	4
2.4 HIPÓTESIS.....	5
2.5 OBJETIVOS .....	5
2.5.1 General .....	5
2.5.2 Específicos .....	5
2.6 SISTEMA DE TAREAS .....	6
<b>3 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA</b> .....	<b>7</b>
3.1 ANTECEDENTES.....	7
3.2 SISTEMA DE EMBALAJE.....	8
3.3 NORMATIVA DE APLICACIÓN PARA PELÍCULA DE EMBALAJE.....	13



3.4 MÁQUINAS PARA EL SISTEMA DE EMBALAJE TERCIARIO CON STRETCH FILM .....	14
3.5 MÁQUINA DE EMBALADO SEMIAUTOMÁTICA VERTICAL .....	15
3.6 SISTEMA MECÁNICO DE LA MÁQUINA SEMIAUTOMÁTICA DE EMBALAJE VERTICAL.....	17
3.6.1. Sistema de rotación .....	17
3.6.2. Sistema de transmisión.....	17
3.6.3. Sistema de elevación manual vertical .....	19
3.6.4. Diseño de la estructura metálica.....	19
3.7. SISTEMA ELÉCTRICO Y CONTROL DE MANDO .....	20
3.7.1. Sistema eléctrico .....	20
3.7.2. Control de mando .....	22
<b>4. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>23</b>
4.6. ALCANCE E IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO .....	23
4.7. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DE LA MÁQUINA EMBALADORA .....	24
4.8. DISEÑO DEL SISTEMA MECÁNICO DE LA MÁQUINA SEMIAUTOMÁTICA DE EMBALAJE VERTICAL .....	24
4.8.1. Diseño del sistema de rotación.....	24
4.8.2. Diseño del sistema de transmisión .....	26
4.8.3. Diseño del sistema de elevación manual vertical (porta-bobina Stretch film).....	35
4.8.4. Diseño de la estructura metálica.....	36
4.9. DISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO Y CONTROL DE MANDO .....	41
4.9.1. Sistema eléctrico .....	41
<b>5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS .....</b>	<b>44</b>
5.1. DISEÑO DEL SISTEMA MECÁNICO DE LA MÁQUINA SEMIAUTOMÁTICA DE EMBALAJE VERTICAL .....	45
5.1.1. Diseño del sistema de rotación.....	45
5.1.2. Diseño del sistema de transmisión .....	47
5.1.3 Diseño del sistema de elevación manual vertical (porta-bobina Stretch film).....	49
5.1.4 Diseño de la estructura metálica.....	50
5.2. DISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO Y CONTROL DE MANDO .....	53



5.3. EFICIENCIA DE LA MÁQUINA Y ANÁLISIS DE RELACIÓN DE TIEMPO VS VOLUMEN PESO PARA EL EMBALAJE .....	54
<b>5.4. PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE IMPACTO .....</b>	<b>55</b>
5.4.1. Presupuesto.....	56
5.4.2. Análisis de impacto .....	59
<b>6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>60</b>
6.1. CONCLUSIONES .....	60
6.2. RECOMENDACIONES .....	61
<b>7. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>62</b>
<b>8. ANEXOS .....</b>	<b>64</b>



## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 2.1.</b> Beneficiarios del Proyecto.....	4
<b>Tabla 2.3.</b> Sistema de Tareas acorde a los objetivos planteados .....	6
<b>Tabla 3.1.</b> Clasificación de sistemas constitutivos en una máquina vertical de embalaje.....	16
<b>Tabla 4.1.</b> Variables de condiciones técnicas para diseño.....	23
<b>Tabla 4.2.</b> Datos técnicos del electrodo .....	39
<b>Tabla 4.3.</b> Elementos de potencia adquiridos de la empresa.....	42
<b>Tabla 4.4.</b> Datos del motor seleccionado.....	42
<b>Tabla 4.5.</b> Datos del Variador seleccionado .....	43
<b>Tabla 4.6.</b> Elementos de control y mando de la máquina.....	43
<b>Tabla 5.1.</b> Datos en base a requerimientos de la empresa para diseño de la máquina.....	44
<b>Tabla 5.3.</b> Peso aplicado al plato giratorio .....	45
<b>Tabla 5.4.</b> Tensiones aplicadas al plato .....	45
<b>Tabla 5.5.</b> Cálculo para la selección de rueda de apoyo.....	46
<b>Tabla 5.6.</b> Tensión aplicada al eje y soporte para ruedas de apoyo.....	46
<b>Tabla 5.7.</b> Relación de velocidades y torque de la máquina.....	47
<b>Tabla 5.8.</b> Bandas seleccionadas .....	48
<b>Tabla 5.9.</b> Cálculo del contacto de banda.....	48
<b>Tabla 5.10.</b> Cálculo de la longitud de cada banda .....	48
<b>Tabla 5.11.</b> Cálculo de fuerzas .....	48
<b>Tabla 5.12.</b> Cálculo de fuerzas en cada banda.....	49
<b>Tabla 5.13.</b> Tipo de material y diámetro en ejes.....	49
<b>Tabla 5.14.</b> Tensión aplicada a la porta bobinas vertical.....	50
<b>Tabla 5.15.</b> Cálculo para la selección de rueda de apoyo (porta bobina).....	50
<b>Tabla 5.16.</b> Tensión aplicada a la estructura de la máquina .....	51
<b>Tabla 5.17.</b> Propiedades del acero estructural .....	51
<b>Tabla 5.18.</b> Análisis estático de la estructura .....	51
<b>Tabla 5.19.</b> Selección de pernos utilizados para cada sección de la máquina .....	52
<b>Tabla 5.20.</b> Detalle de cálculo en base a la selección de pernos .....	52
<b>Tabla 5.21.</b> Detalle de cálculo en base a la selección del tipo de soldadura .....	52



<b>Tabla 5.22.</b> Detalle de cálculo en base a la selección del tipo de soldadura .....	54
<b>Tabla 5.23.</b> Análisis del rendimiento en horas de trabajo de la máquina .....	54
<b>Tabla 5.24.</b> Análisis del rendimiento en horas de trabajo de la máquina .....	55
<b>Tabla 5. 25.</b> Análisis del consumo energético de la máquina.....	55
<b>Tabla 5.26.</b> Elementos mecánicos que constituyen la máquina.....	56
<b>Tabla 5.27.</b> Elementos eléctricos que constituyen la máquina .....	57
<b>Tabla 5.28.</b> Costos directos totales .....	57
<b>Tabla 5.29.</b> Costos de ingeniería .....	58
<b>Tabla 5.30.</b> Costos directos totales .....	58
<b>Tabla 5.31.</b> Costos indirectos totales .....	58
<b>Tabla 5.32.</b> Inversión total .....	58



## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 2.1.</b> Diagrama de Justificación para el sistema de embalaje mecanizado.....	3
<b>Figura 3.1.</b> Máquina embaladora y paquetes embalados con papel stretch film.....	8
<b>Figura 3.3.</b> Esquema de los tipos de sistema de embalaje.....	9
<b>Figura 3.4.</b> Sistema de Embalaje Terciario [6].....	10
<b>Figura 3.5.</b> Esquema del proceso de embalaje .....	10
<b>Figura 3.6.</b> Esquema del proceso de embalaje automatizado.....	11
<b>Figura 3.7.</b> Esquema del proceso de embalaje semiautomático .....	12
<b>Figura 3.8.</b> Esquema del proceso de embalaje semiautomático .....	13
<b>Figura 3.9.</b> Esquema del tipo de máquinas para el embalaje de cajas.....	14
<b>Figura 3.10.</b> Esquema del tipo de máquinas semiautomáticas .....	15
<b>Figura 3.11.</b> Sistemas conformados en una máquina semiautomática vertical .....	16
<b>Figura 3.12.</b> Clasificación de bandas.....	18
<b>Figura 3.13.</b> Clasificación de poleas .....	19
<b>Figura 3.14.</b> Esquema del conjunto del sistema eléctrico de la máquina. ....	20
<b>Figura 3.15.</b> Esquema de conexión del motor trifásico .....	21
<b>Figura 3.16.</b> Esquema de conexión de un variador trifásico .....	21
<b>Figura 3.17.</b> Componentes del sistema de control de mando .....	22
<b>Figura 4.1. Plato giratorio.....</b>	<b>25</b>
<b>Figura 4.3.</b> Diseño estructural de eje y soporte para rueda de apoyo.....	<b>26</b>
<b>Figura 4.4.</b> Esquema de transmisión del tren de poleas de la máquina .....	<b>26</b>
<b>Figura 4. 5.</b> Gráfico de relación de transmisión de velocidad .....	<b>26</b>
<b>Figura 4.6.</b> Elementos del sistema de transmisión .....	<b>28</b>
<b>Figura 4.7.</b> Ángulo que genera la correa sobre la polea menor.....	<b>29</b>
<b>Figura 4.8.</b> Fuerzas que actúan en las poleas por medio de bandas .....	<b>31</b>
<b>Figura 4.9.</b> Diseño de eje de polea 2-3 .....	<b>31</b>
<b>Figura 4.10.</b> Eje Estriado .....	<b>34</b>
<b>Figura 4.11.</b> Tipo de electrodo a utilizar .....	<b>39</b>



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

**TÍTULO:** “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA EMBALADORA DE CAJAS PARA MATERIAL FERRETERO EN LA EMPRESA CASA IMPORTACIONES DE LA CIUDAD DE AMBATO”

**Autores:** Jijón Izurieta Carlos Alexis  
Villacis Vizhñay Byron Alexander

**RESUMEN**

La presente propuesta tecnológica tiene como objetivo; Diseñar y construir una máquina embaladora de cajas de cartón mediante un análisis técnico, este proyecto se ha desarrollado partiendo de la necesidad y requerimientos de la empresa Casa Importaciones de material ferretero, ubicada en la Provincia de Tungurahua, Cantón Ambato, Barrio Huachi Chico, basados en la problemática de realizar el proceso de embalaje de cajas de forma artesanal mediante el uso de la fuerza de los trabajadores, en el mercado nacional e internacional existen máquinas que realizan el mismo proceso, las cuales tienen mecanismos muy complejos por lo tanto tienen un valor elevado. La propuesta plantea el diseño de una máquina que cumpla el mismo fin utilizando mecanismos simples con una inversión económica menor, permitiendo que las empresas pequeñas tengan acceso a la misma. Con la aplicación de este proyecto los beneficiarios directos son el propietario y los trabajadores de dicha empresa. El diseño de la máquina se enfoca en un sistema semiautomático de embalaje tomando como referencia mediante una investigación de campo, el peso y volumen máximo requerido de las cajas de cartón a embalar, siendo 20 kg de peso y  $275\text{cm}^3$  de volumen, la cual se asienta sobre un plato giratorio con una velocidad de 20 rpm, cuenta con un soporte porta-bobinas vertical de stretch film que es manipulado por el operario de la máquina. El sistema general de la máquina está constituido por dos sistemas tanto mecánico como eléctrico mediante el cual se realizan cálculos de los elementos que componen la máquina y con la ayuda del software para ingeniería Inventor 3D se relaciona y comprueba esfuerzos mecánicos como: tensión, flexión y el factor de seguridad en el diseño de la máquina. Según los cálculos obtenidos se acopla al diseño los materiales y elementos normalizados adquiridos de un taladro pedestal de dicha empresa, por tanto, la relación de transmisión de velocidad se calcula en base a los diámetros de poleas obtenidas del taladro, haciendo frente a lo referenciado se realiza un mecanismo de juego de poleas para la reducción de velocidad del motor con la ayuda de un variador de frecuencia para estabilizar la velocidad de entrada de dicho motor. La máquina está compuesta por un conjunto de piezas mecanizadas de manera que se pueda desarrollar el embalado de forma eficiente, con esta implementación se considera un desarrollo importante en la empresa ya que se podrá realizar el embalaje de manera mecánica optimizando tiempo, y por ende en el ámbito de la Ingeniería Electromecánica se considera como una solución a problemas de pequeñas empresas, ya que se trata de una máquina eléctrica con fines industriales. Por último, se establece un estudio de costos para que la máquina diseñada sea parte del mercado local.

**Palabras claves:** máquina embaladora, proceso, embalaje, mecanismos, semiautomático, peso, volumen, cajas, sistema, transmisión, velocidad, tiempo, esfuerzos mecánicos, piezas mecanizadas.



**COTOPAXI TECHNICAL UNIVERSITY  
ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES FACULTY  
ELECTROMECHANICAL ENGINEERING CAREER**

**TOPIC:** “A BOX PACKING MACHINE DESIGN AND CONSTRUCTION FOR HARDWARE MATERIAL INTO ENTERPRISE CASA IMPORTACIONES FROM AMBATO CITY”.

**Authors:** Jijón Izurieta Carlos Alexis  
Villacis Vizhñay Byron Alexander

**ABSTRACT**

The actual technological proposal has as aim to design and build a packaging machine for cardboard boxes, through a technical analysis, this project has been developed based on the material hardware Casa Importaciones enterprise need and requirements, located into Tungurahua Province, Canton Ambato, Huachi Chico neighborhood, it bases into problem of making the packing boxes process an artisanal way, through the workers force use, in the national and international market, there are machines, what make the same process, whose have very complex mechanisms, therefore, they have an elevated value. The proposal proposes a machine design, what fulfills the same purpose using simple mechanisms with a lower economic investment, by allowing small enterprises have access it. With the application this project, the direct beneficiaries are the owner and the workers said enterprise. The machine design focuses onto a semi-automatic packaging system, at taking as a reference, by a field research, the cardboard boxes required weight and maximum volume to be packed, being 20 kg, weight and  $275\text{cm}^3$  volume, which sits onto a rotating plate with a 20 rpm speed, it has a vertical stretch film reel-holder support, what is manipulated by the machine operator. The machine general system is made up two systems, both mechanical and electrical, by which are made element calculations, what compose the machine and with the Inventor 3D engineering software help are related and checked the mechanical stresses, such as: tension, bending and the safety factor into machine design. According to the got calculations, they are attached the materials and standardized elements acquired from a pedestal drill said enterprise, therefore, the speed transmission ratio is calculated based on the got pulleys diameters from drill, in front of referenced it performs a pulley game mechanism for reducing the motor speed with the a frequency variator helps to stabilize the said motor input speed. The machine is conform for a machined parts packaging set, so that can be developp efficiently, with this implementation, it is considered an important development into enterprise, since could be made mechanically, optimizing time, and therefore, in the Electromechanical Engineering field is considered as a solution to small enterprises problems, since it treat an electrical machine with industrial purposes. Finally, it was set a cost study, so that, the designed machine is local market part.

**Keywords:** Packing machine, process, packaging, mechanisms, semi-automatic, weight, volume, boxes, system, transmission, speed, time, mechanical stresses, machined parts.

## ***AVAL DE TRADUCCIÓN***

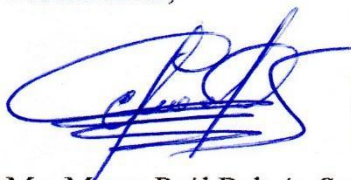
En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que:

La traducción del resumen al idioma Inglés del proyecto de titulación cuyo título versa: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA EMBALADORA DE CAJAS PARA MATERIAL FERRETERO EN LA EMPRESA CASA IMPORTACIONES DE LA CIUDAD DE AMBATO”.** presentado por: **Jijón Izurieta Carlos Alexis y Villacis Vizhñay Byron Alexander**, estudiantes de la Carrera de **Ingeniería en Electromecánica** perteneciente a la **Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas**, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente aval para los fines académicos legales.

Latacunga, 17 marzo del 2022

Atentamente,



CENTRO  
DE IDIOMAS

Mg. Marco Paúl Beltrán Semblante

**DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC**  
**CI: 0502666514**

# 1 INFORMACIÓN GENERAL

**Título:** “Diseño y construcción de una máquina embaladora de cajas para material ferretero en la empresa Casa Importaciones de la Ciudad de Ambato”.

**Fecha de inicio:** Octubre 2021.

**Fecha de finalización:** Marzo 2022.

**Lugar de ejecución:** Zona 3, Provincia de Tungurahua, Cantón Ambato, Barrio Huachi Chico.

**Facultad que auspicia:** Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas (CIYA)

**Carrera que auspicia:** Ingeniería Electromecánica

**Proyecto de investigación vinculado:** No aplica

## Equipo de Trabajo:

### Tutor

Apellidos: Navarrete López  
Nombres: Luis Miguel  
Cédula de Identidad: 1803747284  
Email: [luis.navarrete7284@utc.edu.ec](mailto:luis.navarrete7284@utc.edu.ec)

### Ponente 1

Apellidos: Jijón Izurieta  
Nombres: Carlos Alexis  
Cédula de Identidad: 050376323-7  
Email: [carlos.jjon3237@utc.edu.ec](mailto:carlos.jjon3237@utc.edu.ec)

### Ponente 2

Apellidos: Villacís Vizhñay  
Nombres: Byron Alexander  
Cédula de Identidad: 180495438-4  
Email: [byron.villacis4384@utc.edu.ec](mailto:byron.villacis4384@utc.edu.ec)

### **Área de Conocimiento:**

Según la Nomenclatura internacional de UNESCO para los campos de Ciencia y Tecnología el área de conocimiento se encuentra bajo el grupo de especialidad:

### **Área de conocimiento**

07 Ingeniería Industrial y construcciones

### **Sub área conocimiento**

071 Ingeniería y profesiones afines

### **Sub área específico conocimiento.**

715 Mecánica y metalurgia

**Línea de investigación:** Procesos industriales.

**Sublíneas de investigación de la Carrera:** Diseño, construcción y mantenimiento de elementos, prototipos y sistemas electromecánicos.

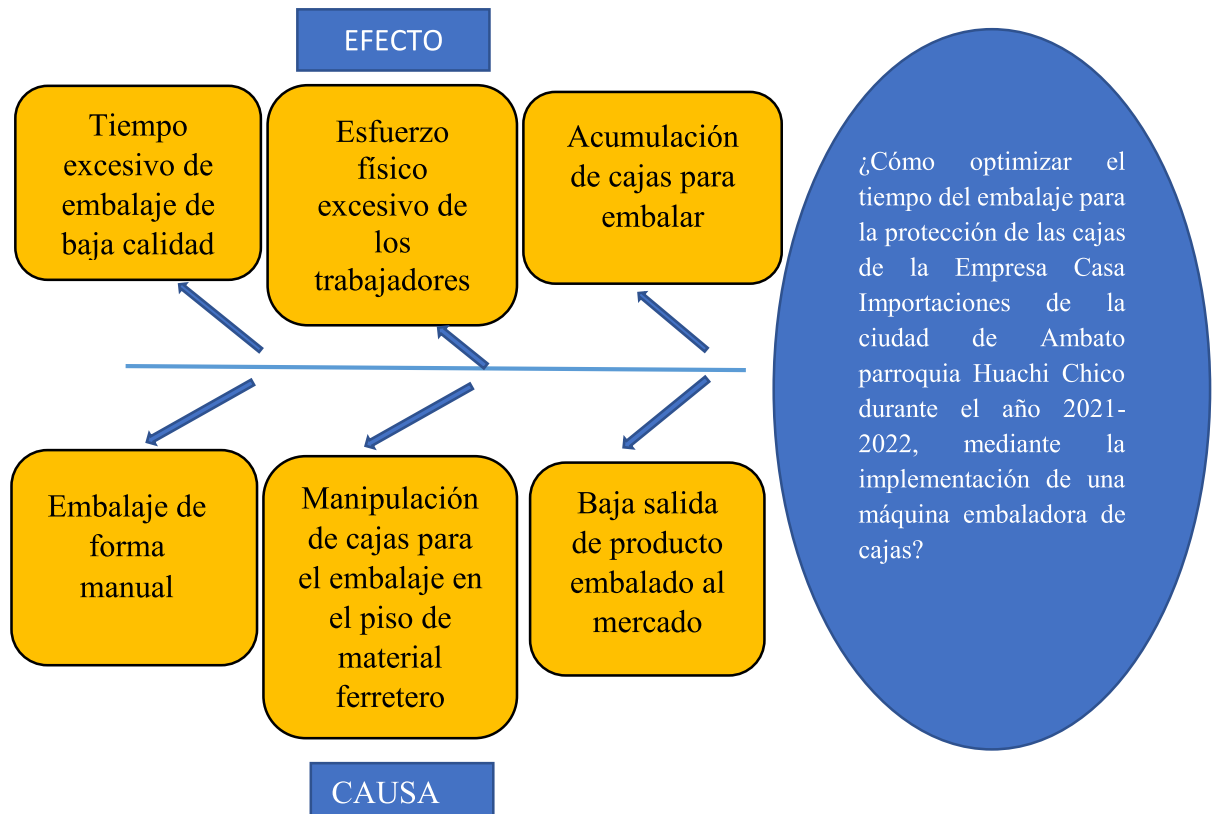
## **2. INTRODUCCIÓN**

### **2.1 EL PROBLEMA**

#### **2.1.1 Situación Problemática**

La Empresa Casa Importaciones de la ciudad de Ambato realiza procesos de embalaje de cajas en forma artesanal mediante el uso de la fuerza de las manos de los trabajadores, esta manera de embalar cajas de cartón incide una baja productividad, demasiado tiempo en el proceso de embalaje de cajas, agotamiento físico por el peso de las cajas al ser manipuladas, pérdidas económicas y sobre todo baja calidad en la entrega de productos ferreteros por su porcentaje bajo en calidad de embalado. Las causas del porque la Empresa Casa Importaciones de la ciudad de Ambato adoptó por realizar proceso manual es por el factor económico. Los efectos al operar el proceso de embalado, a través de una forma manual, implica excesivo tiempo en el proceso de embalado, productividad limitada, bajo índice de desarrollo instruccional, daños en la salud de los trabajadores por constante esfuerzo físico. Con la implementación de una máquina embaladora de cajas de cartón se optimizó el tiempo de embalaje de cajas para la producción de embalado en gran escala para la protección de materiales ferreteros de la empresa Casa Importaciones de la ciudad de Ambato, mejorar en cierto grado el embalado de cada caja, precautelando la protección de las cajas, de igual forma colaborando con los trabajadores en reducción de esfuerzo físico precautelando su salud.

El Sistema de embalaje mecanizado permite corregir los continuos desperfectos del embalaje manual, reduciendo así el desperdicio de papel stretch film, la causa y efecto son puntualizados en la figura 2.1.



**Figura 2.1.** Diagrama de Justificación para el sistema de embalaje mecanizado

### 2.1.2 Formulación del problema

¿Cómo optimizar el tiempo del embalaje para la protección de las cajas de la Empresa Casa Importaciones de la ciudad de Ambato parroquia Huachi Chico durante el año 2021-2022, mediante la implementación de una máquina embaladora de cajas?

## 2.2 OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN

**Título del proyecto:** Diseño y construcción de una máquina embaladora de cajas para material ferretero en la Empresa Casa Importaciones de la ciudad de Ambato.

### 2.2.1 Objeto de estudio

Sistema mecánico de embalaje para cajas de cartón.

### 2.2.2 Campo de acción

330000 Ciencias Tecnológicas / 3306 Ingeniería y Tecnología Eléctricas / 3306.06 Fabricación de equipo eléctrico.

### 2.2.3 Beneficiarios

En la siguiente tabla 2.1 se describe de manera concreta los beneficiarios directos e indirectos de la propuesta tecnológica.

**Tabla 2.1.** Beneficiarios del Proyecto

<b>Directos</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Propietario de la empresa Casa importaciones de material ferretero de la ciudad de Ambato.</li><li>- Obreros miembros de dicha empresa.</li></ul>
<b>Indirectos</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Consumidores finales</li><li>- Sector mercantil de producto ferretero.</li><li>- Pequeños y medianos locales de ferretería.</li></ul>

## 2.3 JUSTIFICACIÓN

La presente investigación se enfocará en el diseño y construcción de una máquina embaladora de cajas para material ferretero en la empresa casa importaciones, ubicada en la Región 3, Provincia de Tungurahua, Cantón Ambato, Sector Huachi Chico.

Así la presente investigación permitirá mostrar el interés académico, teórico y práctico sobre los procesos industriales y la construcción de sistemas electromecánicos, el cual ayudará a crear nuevas técnicas e instrumentos para el mejoramiento de la eficiencia en procesos de embalaje uniforme en dicha empresa.

Uno de los aportes consiste en la implementación del sistema mecánico para embalaje de cajas de cartón, el cual, se aprovechará los resultados de la investigación que tendrá relevancia práctica para la empresa Casa Importaciones, puesto que los objetivos son mejorar su sistema y ejecutar adecuadamente el proceso de producción solucionando problemas a los que se enfrentan los elementos mecánicos en el ámbito de diseño electromecánico.

Los beneficiarios netos del proyecto serán el propietario y obreros de la empresa Casa Importaciones de material ferretero de la ciudad de Ambato.

El impacto se basará en el diseño y construcción de una máquina embaladora de cajas de cartón para material ferretero, adoptando las diferentes normas estandarizadas para el dibujo técnico-mecánico CPE INEN-003 y la Norma Técnica Ecuatoriana basada en la construcción de Máquinas eléctricas NTE INEN-IEC 60034-12, considerando la relevancia de estudio en reemplazar el sistema de embalaje manual por el sistema de embalaje mecánico, ya que un embalaje manual se vuelve inadecuado por no obtener suficiente uniformidad, por ende con el sistema de embalaje mecánico se garantizará un proceso fiable en la solución del problema de

fallas en envolturas en cajas de cartón con papel stretch film obteniendo un embalaje uniforme en la empresa casa importaciones para el consumidor final.

La utilidad práctica se basa en la implementación del sistema mediante un diseño factibles y viable que reduzca el tiempo de producción y dinero por eficiencia propia de la máquina embaladora de cajas de cartón, proponiendo una alternativa considerable al nivel de la producción y competitividad del mercado a un bajo costo de adquisición de la máquina, provocando el interés de las diversas industrias en procesos productivos con alta relevancia social por su desarrollo tecnológico.

## **2.4 HIPÓTESIS**

La implementación de la máquina embaladora de cajas permitirá la optimización de tiempo y condición de un embalaje de calidad en el proceso de embalado de cajas de cartón, con un peso de 20kg y  $275\text{cm}^3$  de volumen en la Empresa Casa Importaciones de la ciudad de Ambato sector Huachi Chico, en el año 2021-2022.

## **2.5 OBJETIVOS**

### **2.5.1 General**

Implementar una máquina embaladora de cajas de cartón mediante un análisis del campo tecnológico y elementos existente en el mercado, en base a la necesidad requerida para la optimización del tiempo y mejora de la calidad de embalado en el proceso de embalaje en la Empresa Casa Importaciones de la ciudad de Ambato, durante el año 2021-2022.

### **2.5.2 Específicos**

- Indagar el proceso de embalado mediante fundamentos teóricos - prácticos que respaldan la investigación para establecer los elementos y materiales de las máquinas embaladoras con stretch film.
- Diseñar la parte estructural y electromecánica de la máquina embaladora de cajas que responda la necesidad de obtener un embalaje uniforme, adoptando las principales características de funcionalidades específicas conforme a la necesidad de operabilidad requerida, que proteja los elementos de material ferretero y mejore el proceso de embalado en cajas de cartón.
- Construir la máquina embaladora para cajas de cartón con el alcance de conocimientos en ingeniería y requerimientos establecidos para el sistema de embalado mecánico.
- Comprobar el funcionamiento de la máquina con criterios de ingeniería y prácticas de campo.

## 2.6 SISTEMA DE TAREAS

En la siguiente tabla 2.2. Se detallan las actividades o tareas, resultados esperados y técnicas para dar cumplimiento a los objetivos antes planteados que comprenden el desarrollo de la propuesta tecnológica.

**Tabla 2.2.** Sistema de Tareas acorde a los objetivos planteados

Objetivos Específicos	Actividades (tareas)	Resultados esperados	Técnicas, Medios e Instrumentos
- Indagar el proceso de embalado mediante fundamentos teóricos, prácticos que respaldan la investigación para establecer los elementos y materiales de las máquinas embaladoras con stretch film.	<ol style="list-style-type: none"> <li>Se desarrolla un proceso de información en libros, revistas y bibliotecas virtuales sobre los procesos y sistemas de paletizado o embalaje.</li> <li>Se determina y establece los tipos de máquinas y sistemas de embalaje.</li> <li>Se identifica la selección de material mediante catálogos ingenieriles para el diseño y construcción de máquinas eléctricas.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Aspectos relevantes de gran importancia que sirven para conocer la raíz del diseño de la propuesta tecnológica.</li> <li>Se establece que tipos de máquinas y sistema de embalaje es esencial para la utilidad práctica.</li> <li>Proceso de determinación de materiales necesarios que constituyen la máquina embaladora para su eficaz funcionalidad.</li> </ol>	- Investigación bibliográfica en sitios web, bibliotecas virtuales e investigación de campo.
- Diseñar la parte estructural y electromecánica de la máquina embaladora de cajas que responda la necesidad de obtener un embalaje uniforme, adoptando las principales características de funcionalidades específicas conforme a la necesidad de operatividad requerida, que proteja los elementos de material ferretero y mejore el proceso de embalado en cajas de cartón.	<ol style="list-style-type: none"> <li>Se determina parámetros fundamentales para el diseño de la máquina embaladora para cajas de cartón.</li> <li>Mediante el análisis de cálculo con la aplicación de ecuaciones se determina las dimensiones y soporte de la máquina.</li> <li>Se describe los elementos y equipos adecuados para la máquina embaladoras de cajas.</li> <li>Diseño de planos en 2D y en 3D de la máquina en función a catálogos y materiales en el mercado.</li> <li>Ensamble de la máquina embaladora de cajas.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Se toma en cuenta que cada parámetro es necesario para obtener el sistema correcto de embalaje a la hora de definir.</li> <li>Se establecen los cálculos necesarios para obtener las características específicas para el diseño de la máquina.</li> <li>Se determina los componentes bajo las características y especificaciones técnicas que requiere la máquina.</li> <li>Planos en formatos pdf con sus respectivas medidas de los componentes de la máquina y procedimientos de ensamble.</li> <li>Planos terminados acorde a las características deseadas de la máquina.</li> </ol>	- Software inventor para la proyección de planos y animación del diseño. - Metodología cuantitativa e investigación bibliográfica y de campo.
- Construir la máquina embaladora para cajas de cartón con el alcance de conocimientos en ingeniería y requerimientos establecidos para el sistema de embalado mecánico.	<ol style="list-style-type: none"> <li>Procedimiento de manufactura, alcance de la máquina y los costos de fabricación.</li> <li>Determinación del funcionamiento de los elementos que componen la máquina embaladora de cajas.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Permite conocer y establecer el proceso de fabricación, alcance y presupuesto que tendrá la elaboración de la máquina embaladora de cajas.</li> <li>Se pone en operación de funcionamiento la máquina.</li> </ol>	- Metodología cualitativa y técnica experimental.
- Comprobar el funcionamiento de la máquina con criterios de ingeniería y prácticas de campo.	11. Validación de funcionamiento del sistema de embalaje en función del tiempo.	11. Mejora en el proceso de embalado de forma notoria.	- Toma de datos en función del tiempo mediante un Cronómetro de forma industrial.

### **3 FUNDAMENTACIÓN TE0ÓRICA**

#### **3.1 ANTECEDENTES**

Este proyecto se ha desarrollado partiendo de la necesidad de construir una máquina embaladora de cajas de cartón con características modulares que se acople al sistema logístico y al espacio de trabajo en las empresas, en el mercado internacional existen máquinas que realizan el mismo proceso las cuales tienen mecanismos muy complejos por lo tanto tienen un valor elevado. El proyecto propone el diseño de una máquina que cumple el mismo fin utilizando mecanismos simples con una inversión económica menor, permitiendo que las empresas pequeñas tengan acceso a la misma. [1]

El funcionamiento de la máquina consiste en envolver materiales apilados en un pallet o una parrilla con plástico stretch film, de manera eficiente y con gran rendimiento. Con el objetivo de proteger los productos para su transporte y para las prestaciones de calidad que requiere el mercado interno y los clientes finales.

El sistema de embalaje con el pasar de los tiempos ha ido evolucionando en el mercado, perfeccionando su eficiencia, tecnología y disminuyendo sus precios de construcción, identificando su evolución en los sistemas de embalaje en los diferentes tipos de máquinas existentes en el mercado y los automatismos que integran dicha máquina de embalar cajas de cartón, para diferentes industrias y fábricas. La integración del sistema embalador con cinta de stretch film, el pedestal manual con tornillo sin fin que permite el desplazamiento vertical del sistema embalador y la base giratoria mediante un motor de 750W, forman en conjunto la máquina embaladora de cajas de cartón.

Mediante la implementación de la máquina embaladora de cajas de cartón para material ferretero en la empresa casa importaciones de la ciudad de Ambato, se pretende mejorar el desempeño de embalaje obteniendo como resultado un paquete embalado y compacto sin posibles desplazamientos de carga y protección contra polvo, suciedad y humedad. Este diseño se enfoca directamente en resolver esa limitante de embalaje manual en la cual se evita el agotamiento físico de los trabajadores. [2]

El propósito de invertir en esta máquina embaladora de cajas se enfoca básicamente en mejorar la calidad y presentación de los paquetes embalados con papel film, debido a que se han presentado algunos inconvenientes con el empaque manual hacia el paquete ya que se presentan humedades y deslizamientos de cargas y por ende afecciones a los trabajadores de diversas empresas. De igual manera se toma en cuenta que las Empresas importadoras de papel utilizan

papel termo encogible para envolver sus paquetes lo que les ha resultado una solución factible.[3]

Diseño de una máquina embaladora de cajas de cartón, la cual dicho sistema está enfocado en la funcionalidad rutinaria rápida y eficiente de embalaje, centrado en las fábricas e industrias que utilizan papel stretch film para envolver diversos paquetes de diferentes tipos de materiales, cumpliendo estándares de calidad, garantía y viabilidad de productos apilados para carga. La idea de la implementación de la máquina es obtener un contacto directo entre el producto embalado y el consumidor final, es por esto que la zona empresarial tiene que innovar tipos de embalaje de forma que los productos no tengan inconvenientes de corrosión, aplastamiento por peso, peligro de extracción o caída de producto por mala opilación.

El documento se centra en el diseño y construcción de una máquina embaladora de cajas que funcione bajo los conceptos teóricos de la mecánica y consideraciones eléctricas que interactúan conjuntamente con la base estructural de la máquina mediante un motor acoplado de ½ hp. En la figura 3.1 se muestra paquetes embalados, que corresponden a un embalaje con papel stretch film. [4]



(a) máquina embaladora



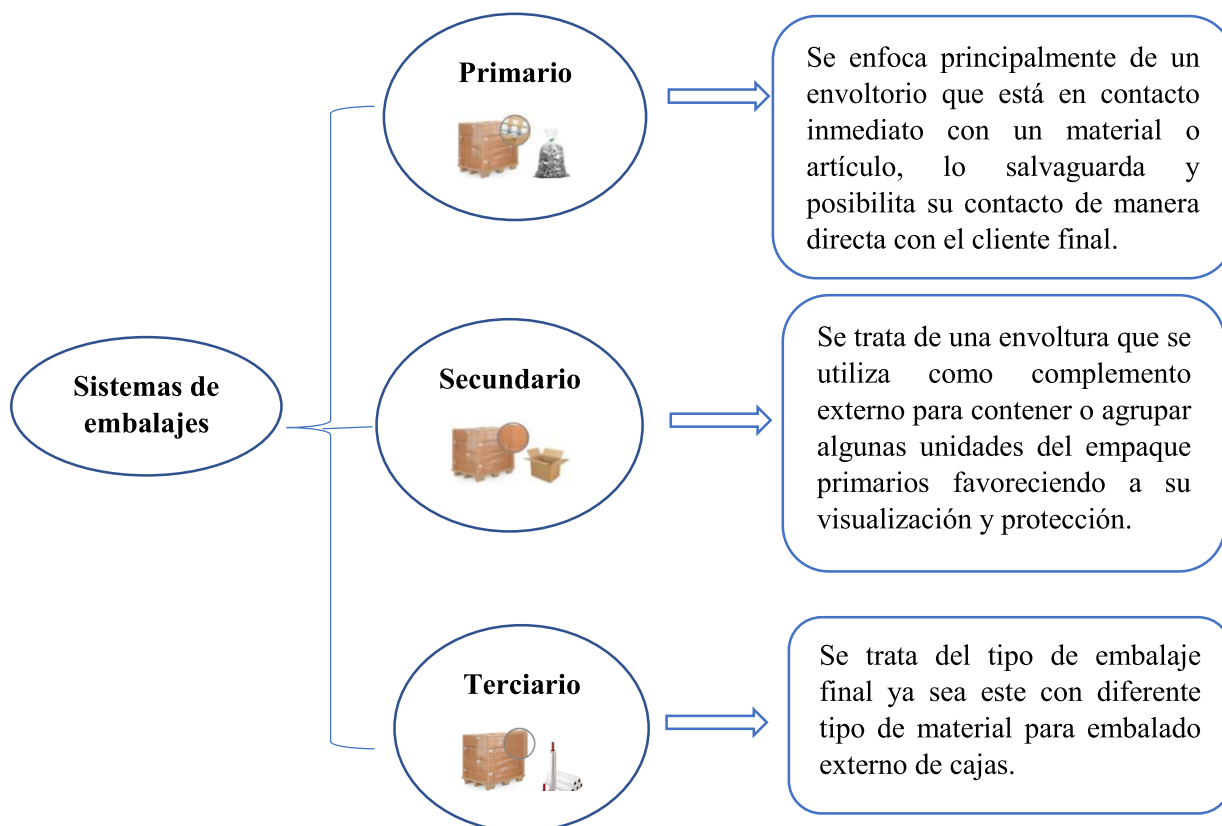
(b) paquete embalado

**Figura 3.1.** Máquina embaladora y paquetes embalados con papel stretch film.

### **3.2 SISTEMA DE EMBALAJE**

Es una manera de empaque que envuelve cajas de cartón o diversos paquetes, contiene, salvaguarda y preserva los productos empacados de diferentes tipos de material; permite las operaciones de transporte al informar en el exterior las condiciones de desempeño, requisitos, símbolos, e identificación de su contenido. El embalaje es la defensa del producto terminado a lo largo del transporte o almacenamiento.

El embalaje está basado específicamente, hacia la logística y las exportaciones, por ende, en el siguiente esquema de la Figura 3.2, se especifican los tipos de sistemas de embalajes. [5]



**Figura 3.2.** Esquema de los tipos de sistema de embalaje

### ***Sistema de embalaje terciario***

Dicho embalaje está basado en nuestra propuesta tecnológica ya que para realizar el embalaje terciario se implementa una máquina embalmadora de cajas en la casa importaciones de la ciudad de Ambato.

El embalaje terciario, es el que agrupa diversos embalajes secundarios y, por ende, a los embalajes primarios, englobando a los dos. Tiene como finalidad evitar daños perjudiciales a lo largo de la manipulación y el traslado de las mercancías. Un óptimo ejemplo de embalaje terciario es la clásica caja de cartón que tiene en su interior paquetes más pequeños.

Teniendo presente que el principal objetivo del embalaje terciario es la protección del producto y asegurar que éste llegará sano y salvo a su sitio de destino. Ciertos productos usados en el transporte de mercancías, como los pallets o inclusive el Stretch film de plástico, tienen la posibilidad de ser perfectamente considerados como embalajes terciarios. Por cierto, dichos embalajes son conocidos además con el nombre de “embalajes para el transporte”. [6]

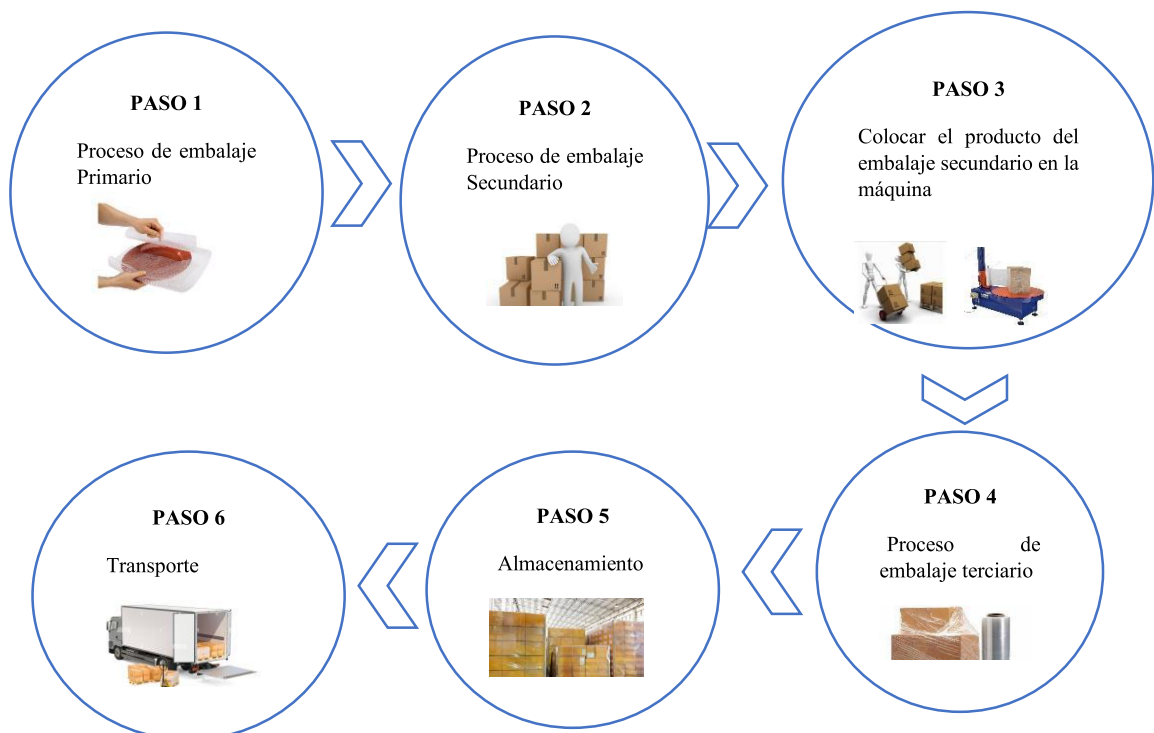


**Figura 3.3.** Sistema de Embalaje Terciario [6]

***Proceso para el embalaje terciario***

Para proceder a un embalaje terciario primero se debe verificar si el producto o material cumple con los demás tipos de embalaje, como es el primario y secundario, ya que la diferencia entre estas 3 categorías se establece en que el embalaje primario es el que está en contacto directo con el artículo o material; el embalaje secundario es un paquete externo que agrupa a los paquetes primarios, contribuyendo a su protección; y el embalaje terciario contiene diferentes cantidades de productos el cual consiste en una envoltura externa y permite su almacenamiento o transporte con seguridad, hasta el momento de despacho.

En la figura 3.4. se muestra un esquema del proceso de embalaje terciario



**Figura 3.4.** Esquema del proceso de embalaje

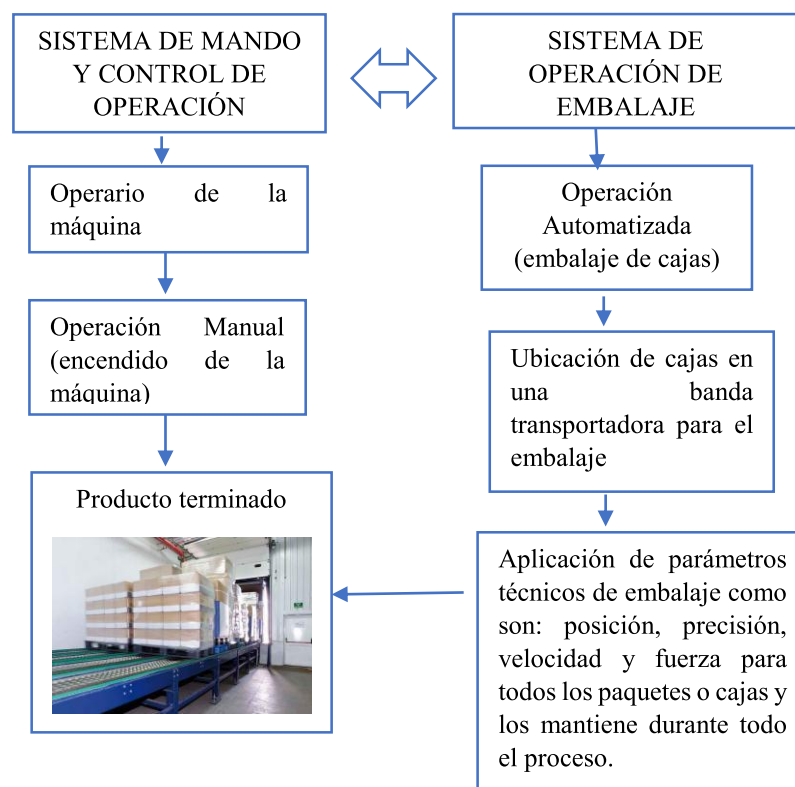
Como se muestra en el esquema detallado del proceso de embalaje se pueden considerar tipos de material para el sistema de embalaje terciario como son:

- Cinta scotch transparente
- Cinta de embalaje color café
- Plástico tipo burbuja
- Cinta stretch film

### *Proceso de embalaje automático*

Conlleva a una precisión a la hora de embalar un producto o una mercancía, lo cual es superior a la que podría obtener una persona realizando la misma función, pero de forma manual.

Para llevarse a cabo esta operación de un proceso de embalaje automático se determina la utilidad de las máquinas automáticas que realizan este tipo de embalaje y que aplican los mismos parámetros de posición, precisión, velocidad y fuerza para todos los paquetes y los mantiene durante todo el proceso. En el esquema de la figura 3.5. se presenta el proceso de embalaje automático.

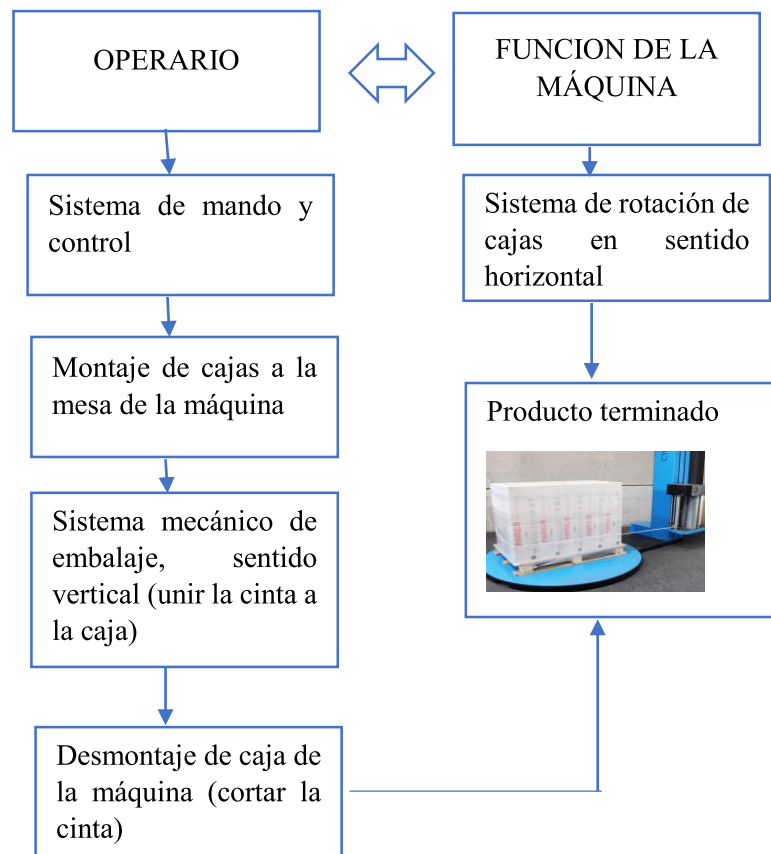


**Figura 3.5.** Esquema del proceso de embalaje automatizado

En el esquema para un proceso de embalaje automatizado, se requiere de dos partes fundamentales del sistema de mando y control y del sistema de operación de embalaje, el cual es automático y por ende los dos sistemas conforman un producto terminado.

### ***Proceso de embalaje semiautomático***

Este proceso está compuesto por el operario de la máquina que se encarga del control de mando y por ende del sistema mecánico de embalaje, el cual, al operar una máquina semiautomática, quiere decir que la máquina va a consistir en un sistema de rotación horizontal mediante un motor y un sistema de elevación vertical manual para el cual el operario pueda embalar el producto, como se presenta en el siguiente esquema de la figura 3.6.



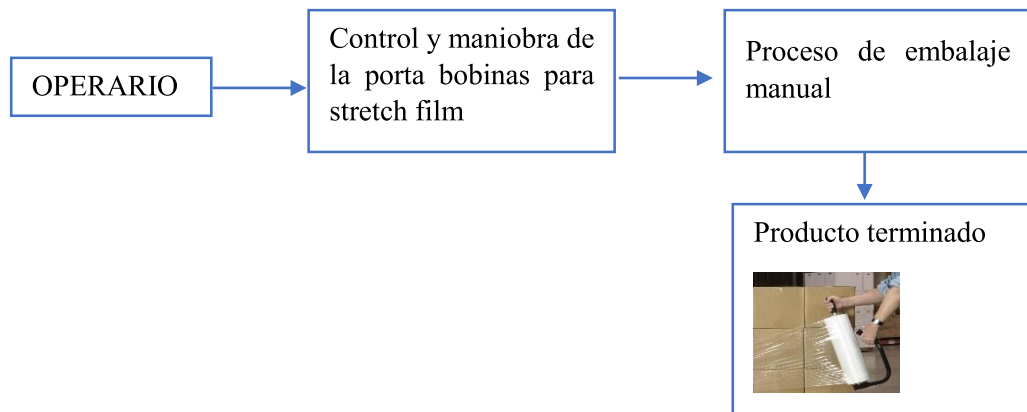
**Figura 3.6.** Esquema del proceso de embalaje semiautomático

Como se observa en el esquema para un proceso de embalaje semiautomático se requiere de dos partes fundamentales del operario y de la función de la máquina, el cual para este proceso es necesario la intervención del operario en varias ocasiones y por ende los dos sistemas conforman un producto terminado.

### ***Proceso de embalaje manual***

Este proceso conlleva netamente la intervención directa del operario aplicando su fuerza y conocimiento de embalaje, con el apoyo de una porta bobinas de papel stretch film el operario realiza el trabajo de embalaje en diferentes tipos de paquetes o cajas. [7]

A continuación, se presenta un esquema general de un proceso de embalaje semiautomático.



**Figura 3.7.** Esquema del proceso de embalaje semiautomático

Mediante este proceso se puede determinar la intervención neta del operario para el proceso de embalaje sin determinación de parámetros técnicos como la del proceso automatizado.

### **3.3 NORMATIVA DE APLICACIÓN PARA PELÍCULA DE EMBALAJE**

Según la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 3024 que trata sobre Plásticos. Película retráctil de Polietileno (PE) y sus copolímeros. Establece los requisitos que deben cumplir las películas de polietileno (PE) definido según ISO 17855-1, y sus copolímeros, empleadas como envase y embalaje mediante la técnica de termo-retracción. [8]

#### ***Requisitos que deben cumplir las películas de polietileno (PE)***

- Resistencia a tracción entre 19 a 23 Mpa
- Porcentaje de elongación entre 300 a 600%
- Fuerza de rasgadura entre 120 a 250 gm

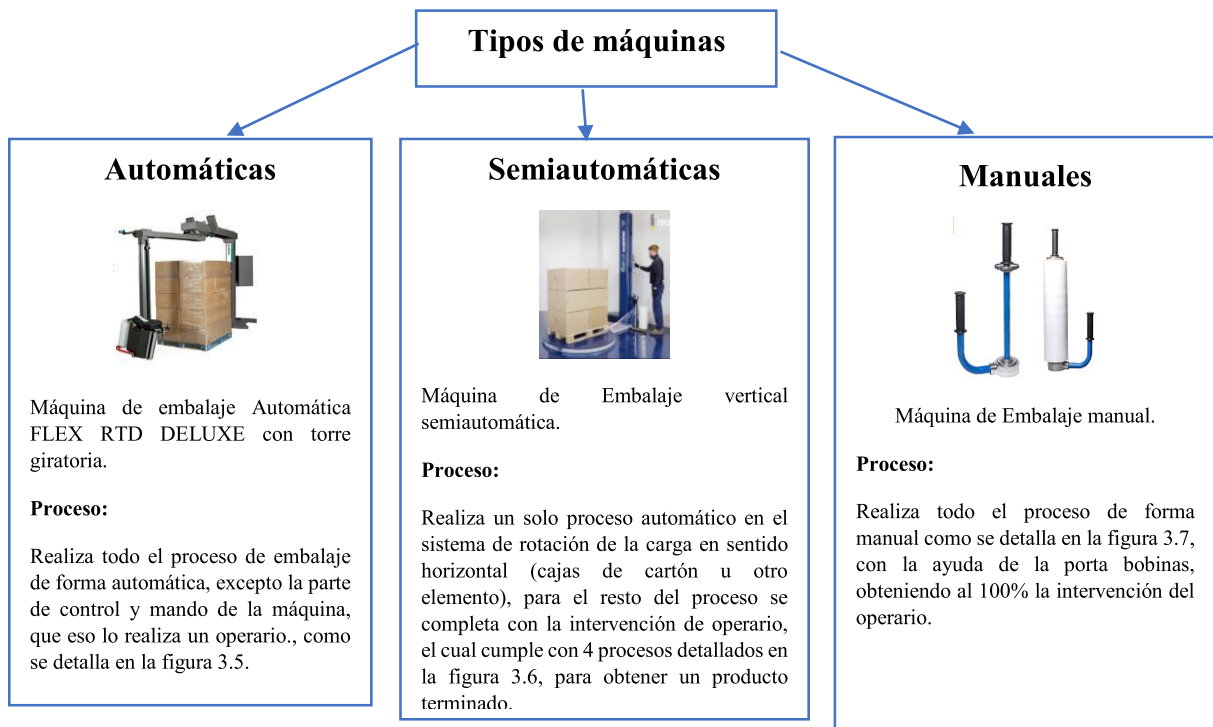
#### ***Cinta stretch film***

Es una cinta de polietileno lineal de baja densidad, de alta adhesión, se aplica de manera mecanizada o manual envolviendo los pallets, construyendo paredes laterales de sujeción y tiene como fin contener y conservar firme las mercaderías paletizadas, facilitar y afirmar su desplazamiento, almacenaje o transporte. La tensión se consigue al usar plásticos de alta

elasticidad. Su precio es mínimo y es de simple aplicación. Stretch Film es un producto que salvaguarda contra el polvo, agua y suciedad y da seguridad a sus mercaderías paletizada haciendo más fácil su transporte y almacenaje. Su estupendo estiramiento posibilita ajustarse de forma fácil a cualquier forma y tamaño, con mejor aprovechamiento del mismo. Sobresaliente brillo y transparencia, la ficha técnica de la cinta stretch film se la observa en el (Anexo I – Figura 1). [9]

### 3.4 MÁQUINAS PARA EL SISTEMA DE EMBALAJE TERCIARIO CON STRETCH FILM

Las máquinas de embalaje es el núcleo principal de un sistema de embalaje y empaquetado. El embalaje comúnmente suele ser la capa final (embalaje terciario), el principal objetivo de una máquina para el sistema de embalaje es recubrir el producto por encima del paquete y asegurar su integridad a lo largo de todo el proceso industrial y comercial: transporte, distribución, almacenamiento. En la figura 3.8 se muestra un esquema de los diferentes tipos de máquinas para el embalaje en cajas de cartón.



**Figura 3.8.** Esquema del tipo de máquinas para el embalaje de cajas

### Clasificación de máquinas semiautomáticas para el sistema de embalaje

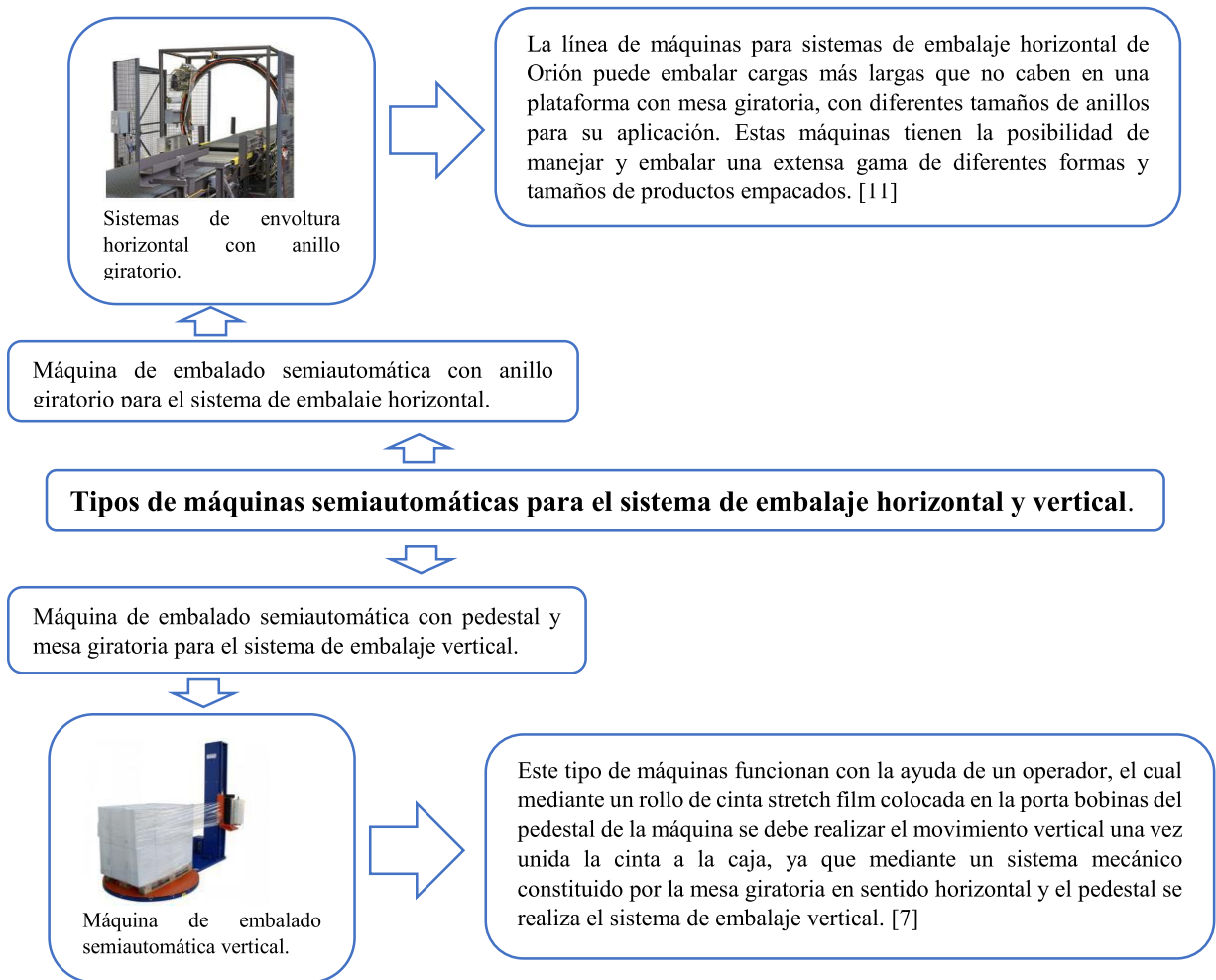


Figura 3.9. Esquema del tipo de máquinas semiautomáticas

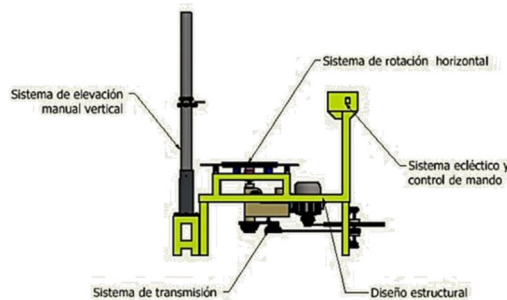
### 3.5 MÁQUINA DE EMBALADO SEMIAUTOMÁTICA VERTICAL

Las máquinas semiautomáticas son principalmente portátiles y necesitan de la ayuda de un operador de la fábrica o industria para su funcionamiento el cual debe unir la cinta hacia la carga, ejecutando el periodo de embalaje mediante un movimiento horizontal o vertical sobre el mástil o pedestal de la máquina si es el caso, o a su vez realizar el movimiento de acuerdo donde este ubicado la porta – bobinas de stretch film y finalmente corte la cinta después de la envoltura.

Al hablar de un sistema de embalaje vertical mediante una máquina semiautomática con pedestal y mesa giratoria, se establece diferentes parámetros de funcionamiento establecidos más adelante, para obtener un producto final con embalado de calidad proyectando una imagen profesional para la empresa.

Mediante una máquina que cumpla un sistema de embalaje vertical se proporciona una mejor eficiencia y rendimiento de material, evitando así un desperdicio de papel considerable y optimizando el factor tiempo, ya que el pedestal vertical con porta-bobina de stretch film es uno de los principales objetos necesarios para embalar la caja de cartón. [6]

Dicha máquina está considerada por 4 sistemas y un diseño estructural, para identificar y posterior desglosar estos sistemas se plasma en una imagen los tipos de sistemas agrupados en una máquina semiautomática de embalaje vertical como se muestra en la figura 3.10.



**Figura 3.10.** Sistemas conformados en una máquina semiautomática vertical

**Tabla 3.1.** Clasificación de sistemas constitutivos en una máquina vertical de embalaje

SISTEMA MECÁNICO				SISTEMA ELÉCTRICO Y CONTROL DE MANDO
<b>Sistema de rotación horizontal</b>	<b>Sistema de transmisión</b>	<b>Sistema de elevación manual vertical</b>	<b>Diseño estructural</b>	Motor trifásico de 1740 rpm a 60 Hz
Mesa giratoria	Bandas	Pedestal-porta bobinas stretch film	Acero A36	Variador de frecuencia trifásico 50-60Hz
Elementos de rodadura (ruedas de apoyo)	Poleas	Agarradera manual		Cableado eléctrico
	Ejes			Suministro de energía eléctrica

**Fuente:** Los autores

La finalidad de la máquina es trabajar netamente con un sistema de embalaje vertical con mesa giratoria obteniendo un aseguramiento en el producto embalado a base de un motor eléctrico que trasmite su fuerza y velocidad por medio de un sistema de transmisión constituido por: poleas y bandas acopladas entre si hacia la parte mecánica de la base giratoria, garantizando que el producto terminado permanezcan limpios y secos libres de corrosión y preparados para transportar o para su uso inmediato, a cambio de abaratar costos para la empresa, reducir el tiempo de embalaje y el desgaste físico de los empleados.

Los embalajes en cartón con cinta stretch film son los más atraídos para la trasportación por el siempre hecho de contener propiedades más resistentes a la rotura y al arrugado. [11]

## **3.6 SISTEMA MECÁNICO DE LA MÁQUINA SEMIAUTOMÁTICA DE EMBALAJE VERTICAL**

En el siguiente apartado se describen todos los elementos constitutivos del sistema mecánico de una máquina semiautomática para embalaje vertical.

### **3.6.1. Sistema de rotación**

Dicho sistema es el encargado de recibir la fuerza y velocidad final saliente de un motor eléctrico, el cual es acoplado a un sistema de transmisión mediante poleas.

#### ***Mesa giratoria***

“La mesa o plataforma giratoria tendrá la misión de soportar y realizar el giro adecuado en forma constante a la caja de cartón con un peso aproximado de 20kg, para el diseño se considera un plato metálico recubierto con material antideslizante que estará sobre elementos de rodadura que sirve de apoyo para realizar el giro de la mesa. Para el movimiento se utilizará un motor cuyas características se las detalla en el apartado de materiales y métodos, acoplado a una transmisión de poleas”. [4]

#### ***Elementos de rodadura (Ruedas de apoyo nylon)***

Las ruedas sin soporte están especialmente diseñadas para diversas aplicaciones industriales. Las ruedas y rodillos son elementos rodantes que facilitan el movimiento para todo tipo de aplicación de acuerdo a los requerimientos.

Para dicho sistema de rotación es necesario aplicar rodadura de tipo nylon, motivo por el cual ejerce menor ruido al momento de girar la mesa rotatoria.[11]

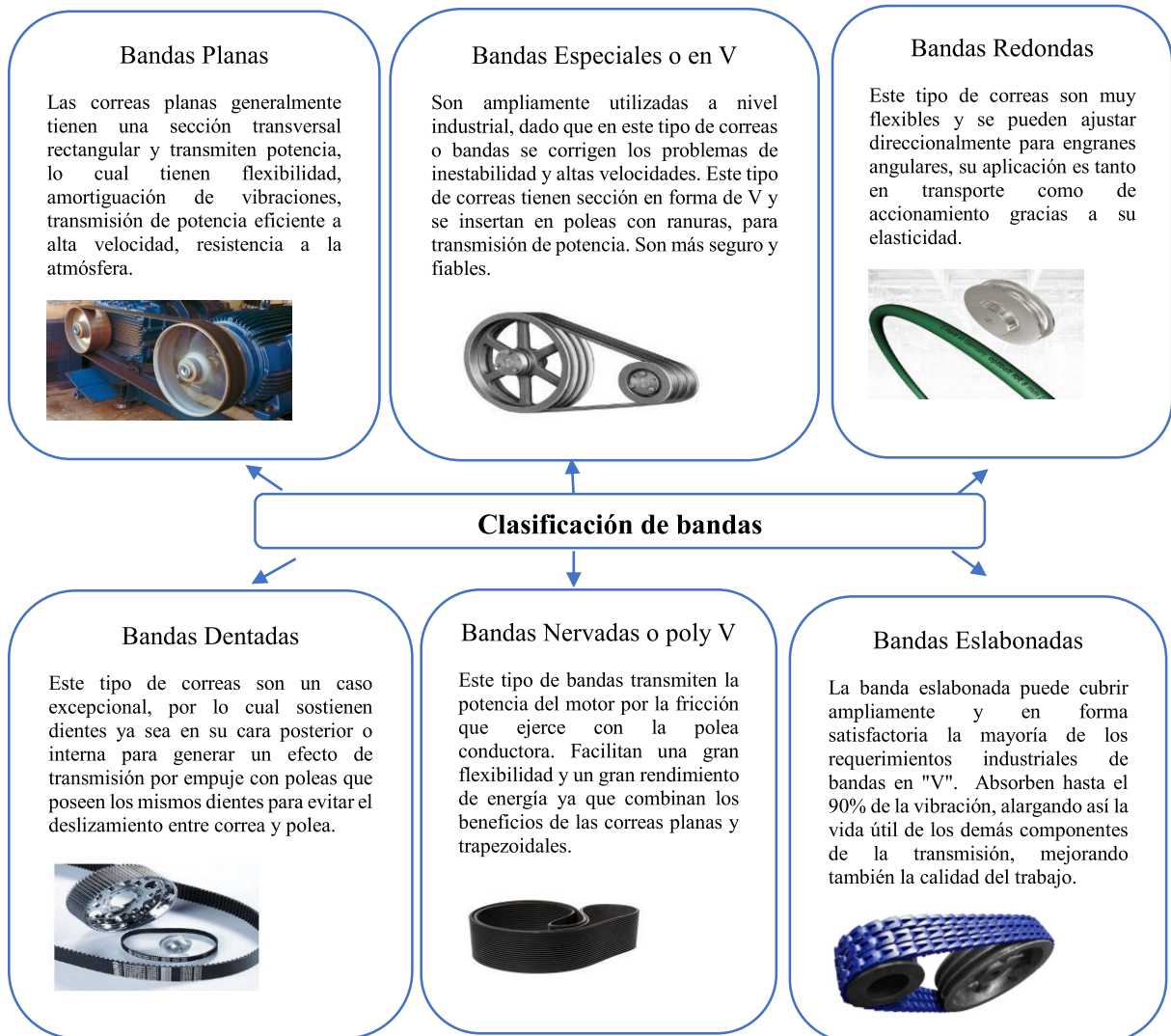
### **3.6.2. Sistema de transmisión**

Los elementos de máquinas flexibles, como bandas, cables o cadenas, se utilizan para la transmisión de potencia a distancias comparativamente grandes. Cuando se emplean estos elementos, por lo general, sustituyen a grupos de engranajes, ejes y sus cojinetes o a dispositivos de transmisión similares.

Por lo tanto, simplifican mucho una máquina o instalación mecánica, y son así, un elemento importante para reducir costos. Además, son elásticos y generalmente de gran longitud, de modo que tienen una función importante en la absorción de cargas de choque y en el amortiguamiento de los efectos de fuerzas vibrantes. [12]

## ***Bandas***

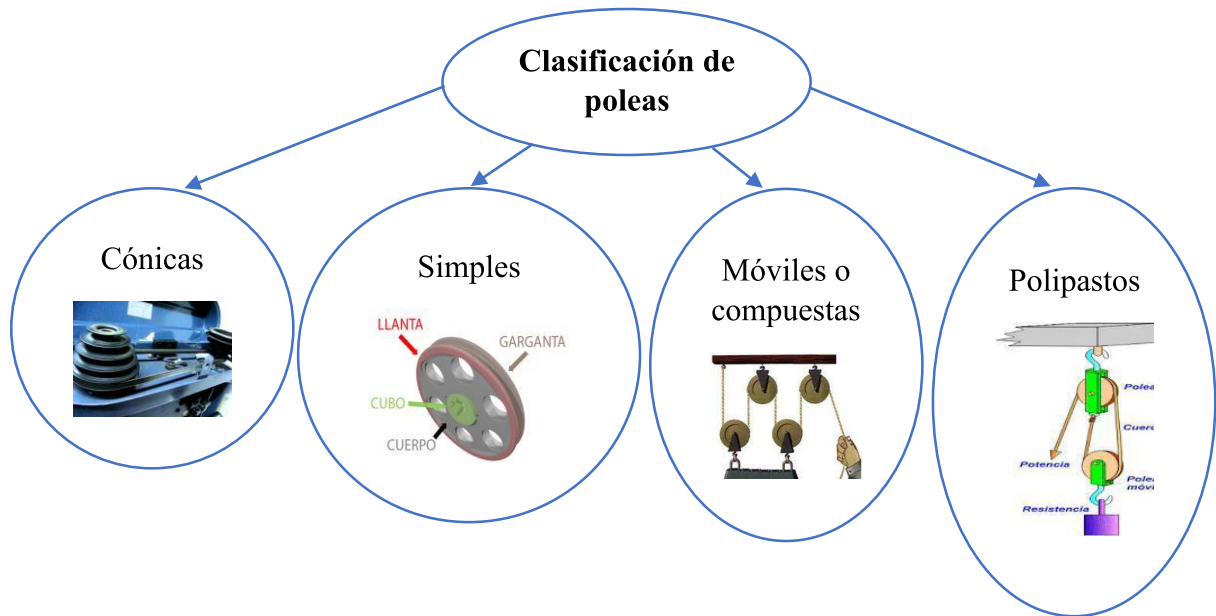
Las bandas se distinguen por la forma de la sección transversal, la construcción, material y tecnología de fabricación, pero el rasgo más importante que determina la construcción de las poleas y de toda la transmisión, es la forma de la sección transversal de la correa. En la figura 3.11. se muestra un esquema de la clasificación de las correas de transmisión en función de la forma de la sección transversal.



**Figura 3.11.** Clasificación de bandas

## ***Poleas***

Una polea, también llamada garrucha, carrucha, trocla, trócola o carrillo, es una máquina simple que sirve para transmitir una fuerza. Se trata de una rueda, generalmente maciza y acanalada en su borde, que, con el curso de una cuerda o cable que se hace pasar por el canal, se usa como elemento de transmisión para cambiar la dirección del movimiento en máquinas y mecanismos. Además, formando conjuntos aparejos o polipastos sirve para reducir la magnitud de la fuerza.



**Figura 3.12.** Clasificación de poleas

### 3.6.3. Sistema de elevación manual vertical

Un sistema de elevación manual en una máquina de embalaje de tipo vertical, es necesario la aplicación de la fuerza del operario, ya que se trata de la aplicación de una máquina semi automática de embalaje.

El pedestal de la máquina este acoplado a la porta bobinas que contiene la cinta stretch film, lo cual, fusionando el sistema rotatorio y el sistema de elevación manual, se puede obtener un embalaje acorde a las necesidades ya sea esta del usuario, de la empresa o de la industria.

### 3.6.4. Diseño de la estructura metálica

Para el diseño del sistema estructural se requiere determinar todos los elementos constitutivos que van anclados a la estructura, incluyendo el peso total que se va a ejercer en la máquina, para esto se utiliza un tipo de material común existente en el mercado y de fácil adquisición como es el acero ASTM A-36, por ende, este material y conjuntamente con el sistema de soldadura, permiten la fabricación adecuada para dicha máquina embaladora de cajas de cartón.

#### *Acero ASTM A-36*

El acero estructural A36 tiene buena soldabilidad, generalmente se lamina en caliente en acero rectangular, acero cuadrado, acero redondo, placa de acero, y también se hace comúnmente en todo tipo de secciones de acero, como vigas H, vigas I, canal U, ángulo de acero, tubo de acero. La ficha técnica del “Ángulo estructural A36” se la observa en el (Anexo I – Figura 2).

### 3.7. SISTEMA ELÉCTRICO Y CONTROL DE MANDO

#### 3.7.1. Sistema eléctrico

Los sistemas que controla el movimiento de las máquinas eléctricas, son conocidos como controles eléctricos. El sistema de control eléctrico convencional consta de un motor eléctrico y un sistema de control avanzado que controla la rotación del eje del motor.

Este sistema de control es ampliamente utilizado en muchas aplicaciones industriales y domésticas. [14]

En la figura 3.13. se detallan los elementos que constituyen un sistema eléctrico

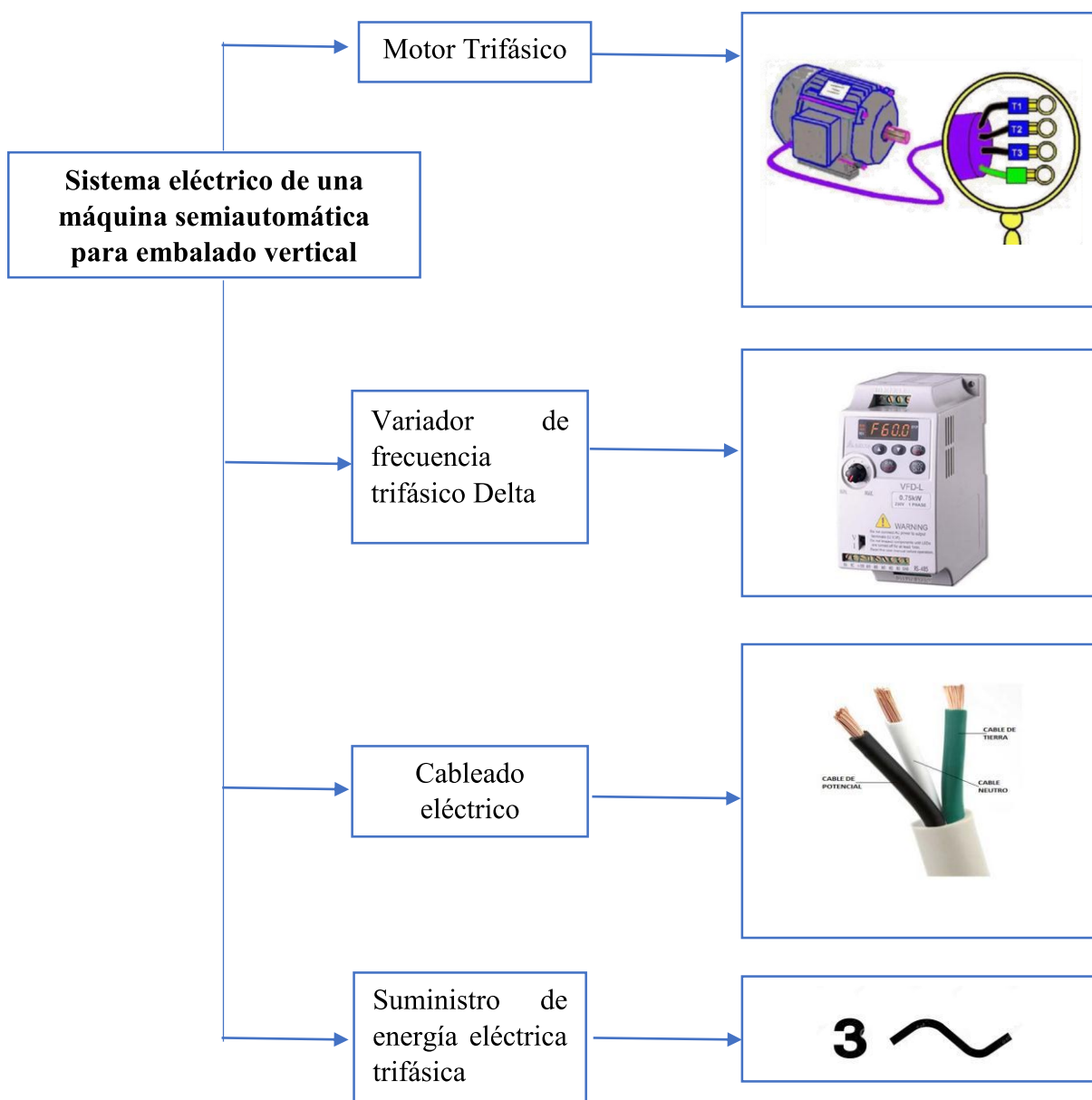


Figura 3.13. Esquema del conjunto del sistema eléctrico de la máquina.

### Motor trifásico

Este elemento del sistema eléctrico de la máquina constituye en transformar la energía eléctrica en energía mecánica de rotación, por medio de los campos magnéticos generados en sus bobinas.

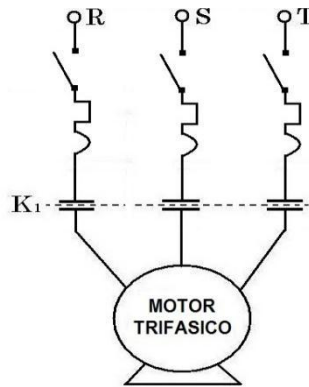


Figura 3.14. Esquema de conexión del motor trifásico

### Variador de frecuencia trifásico Delta

Se trata de un elemento eléctrico- electrónico que se instala entre la fuente de alimentación eléctrica y los motores eléctricos. Actúan para regular la velocidad de giro de corriente alterna (AC).

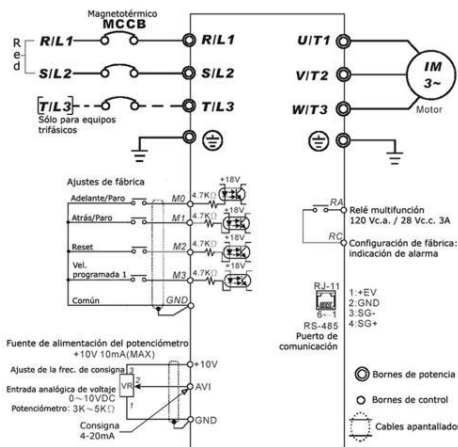


Figura 3.15. Esquema de conexión de un variador trifásico

### Cableado eléctrico

Son elementos que permiten la conducción de la energía eléctrica hacia todo el circuito de la máquina.

### Suministro de energía eléctrica

Se trata de la fuente de alimentación primaria que alimenta a todo el circuito mediante el cableado de la máquina.

### 3.7.2. Control de mando

Un sistema eléctrico para una máquina es constituido también por de un sistema de control de mando, el cual está formado por un conjunto de elementos y equipos que permite el control de encendido y apagado de un proceso, desde un mismo punto o más de un sitio físico.

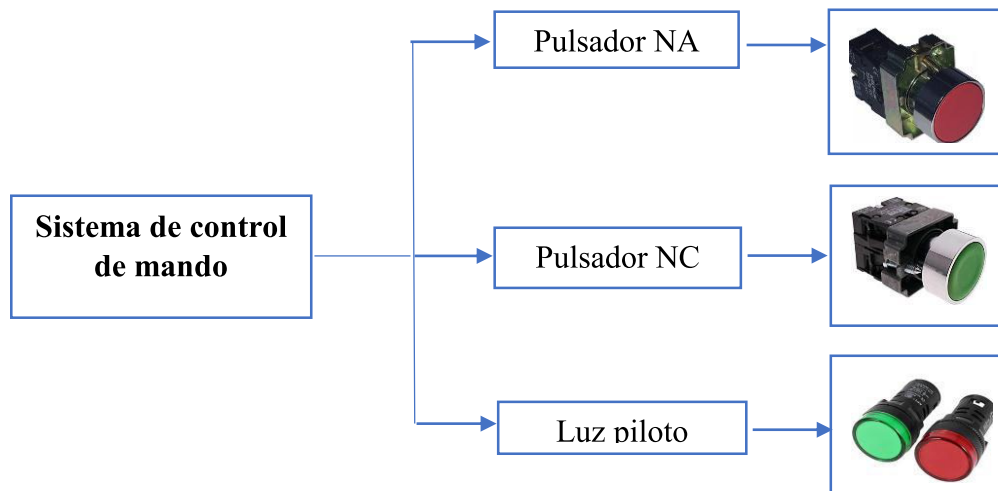


Figura 3.16. Componentes del sistema de control de mando

#### ***Pulsadores eléctricos***

Un pulsador eléctrico o botón pulsador es un componente eléctrico que permite o impide el paso de la corriente eléctrica cuando se aprieta o pulsa.

El pulsador solo se abre o se cierra cuando el usuario lo presiona y lo mantiene presionado.

Al soltarlo vuelve a su posición inicial, el paso o cierre de la corriente se consigue mediante contactos eléctricos, también llamados "bornes" normalmente de cobre.

Cada contacto eléctrico del pulsador tiene 2 posiciones, abierto y cerrado.

#### ***Pulsador NA***

Los 2 bornes están separados y el pulsador corta o no permite el paso de la corriente eléctrica.

#### ***Pulsador NC***

Los 2 bornes están juntos y el pulsador permite el paso de la corriente eléctrica.

#### ***Luz piloto***

Son señales que se activan mientras se pulsa unos de los dos pulsadores sea NC o NA, lo cual determina una advertencia de funcionamiento al cerrar o abrir el paso de energía eléctrica. [15]

#### 4. MATERIALES Y MÉTODOS

En el presente capítulo se consideran los materiales y métodos para el desarrollo del diseño y construcción de una máquina embaladora de cajas para material ferretero, considerando un enfoque cualitativo para determinar e identificar los requisitos en máquinas embaladoras para formar sistemas de embalaje eficientes y un enfoque cuantitativo mediante la aplicación y desarrollo de ecuaciones, mismas que darán paso a diversas etapas del diseño y construcción de la máquina.

Mediante la aplicación del proyecto fue de vital importancia recurrir a fuentes tanto primarias como secundarias y posteriores realizar el análisis de las mismas. Tomando como referencia la fuente primaria se estableció un estudio de campo en la Empresa Casa Importaciones de la ciudad de Ambato para determinar el peso y volumen máximo de cajas a embalar, y como fuente secundaria se partió de una recolección de información mediante fuentes de internet, libros, revistas, catálogos, artículos, tesis, etc. De manera general la principal fuente de información se basa en los principios mecánicos de la industria, temáticas de embalaje enfocadas en diversos tipos de materiales, control y seguridad de la máquina y descripción de los mecanismos y componentes que conforman a la máquina embaladora de cajas de cartón.

#### 4.6. ALCANCE E IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO

##### *Alcance*

Se establece las variables de diseño para el análisis estático y dinámico de la máquina embaladora de cajas, mediante una investigación de campo realizada en la empresa determinando los siguientes requisitos establecidos en la tabla 4.1.

**Tabla 4.1.** Variables de condiciones técnicas para diseño

<b>CONDICIONES TÉCNICAS PARA DISEÑO (MÁQUINA EMBALADORA)</b>	
<b>ESPECIFICACIONES</b>	<b>UNIDADES</b>
Peso máximo de cajas a embalar	<i>Kg</i>
Tamaño de caja	<i>cm</i>
Volumen de caja	<i>cm<sup>3</sup></i>
Tiempo de embalado por lado	<i>s</i>

##### *Implementación*

A continuación, se establece la implementación de la máquina embaladora de cajas de cartón, en la Casa Importaciones de la ciudad de Ambato, que permitirá realizar un embalaje seguro y

eficiente, dando cumplimiento a lo prescrito en los objetivos, para ello, se empezará con la descripción de los elementos y sistemas constitutivos de la máquina.

#### **4.7. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DE LA MÁQUINA EMBALADORA**

El desarrollo de la parte mecánica se desarrolló en primera instancia en base a los elementos disponibles y desarrollados en el software Inventor, en esta parte se tomó en cuenta la parte estructural las uniones y los mecanismos.

Una de las principales condiciones previas a la construcción son las características de la máquina y su funcionamiento ante esto las condiciones oportunas mediante un análisis y toma de datos para establecer qué tipo de mecanismos se amerita.

##### ***Sistema mecánico***

- Diseño del sistema de rotación.
- Diseño del sistema de transmisión.
- Diseño del sistema de elevación manual vertical (porta-bobina Stretch Film).
- Diseño de la estructura metálica.

##### ***Sistema eléctrico y control de mando***

- Acoplamiento del motor, variador, cables, elementos de control.

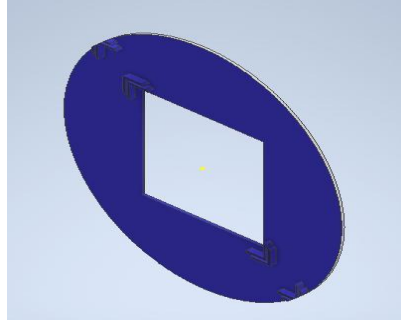
El principal objetivo de dar a conocer los sistemas de la máquina y sus fundamentos es el de identificar los requisitos de la máquina embaladora de cajas para material ferretero, con dicha implementación de sus partes y el análisis del enfoque cuantitativo se lleva a cabo el desarrollo del proyecto.

#### **4.8. DISEÑO DEL SISTEMA MECÁNICO DE LA MÁQUINA SEMIAUTOMÁTICA DE EMBALAJE VERTICAL**

##### **4.8.1. Diseño del sistema de rotación**

##### ***Plato giratorio***

En el sistema de rotación se emplea el acero ASTM A36 para el diseño del plato tomando en cuentas las cargas y dimensiones requeridas para el apoyo de las cajas.



**Figura 4.1. Plato giratorio**

Mediante la aplicación del software Inventor 3D se diseñó el plato giratorio acorde a las condiciones técnicas establecidas, posterior a ello con la ayuda del software se analiza la simulación estructural de fuerzas y tensiones aplicadas al diseño del plato, como se observa en el (Anexo II.1).

***Elementos de rodadura (selección de ruedas de apoyo).***

Para la selección de ruedas de apoyo se considera las fuerzas ejercidas en el plato giratorio el cual va a reposar en los elementos de rodadura, por ende, se calcula la capacidad de carga de cada rueda de apoyo ya que estructuralmente el diseño se lo hace considerando 6 ruedas.

La selección de ruedas se lo establece mediante la aplicación de la ecuación (4.1), para el cual se calcula la capacidad de carga por cada rueda, posterior a ello se escoge la rueda a través de catálogo, como se muestra en el (Anexo II.2).

$$C = \frac{P_{PLATO} + P_{CARGA}}{\#de\ ruedas} \quad \text{Ec. (4.1)}$$

**Donde:**

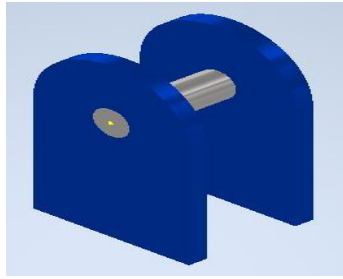
*C = capacidad de carga por cada rueda de apoyo; (N)*

*P<sub>PLATO</sub> = peso del plato giratorio; (Kg)*

*P<sub>CARGA</sub> = peso de carga máxima; (Kg)*

***Diseño del eje y soporte para las ruedas de apoyo***

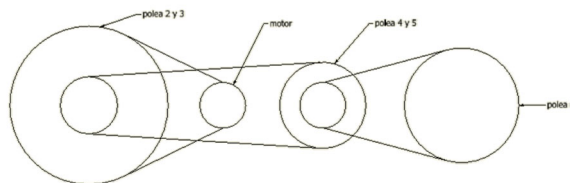
Con la aplicación del software Inventor 3D se establece el diseño del eje y soporte para los elementos de rodadura, mediante el cual se desarrolla el análisis de esfuerzos y tensiones como se observa en el (Anexo II.3).



**Figura 4.2.** Diseño estructural de eje y soporte para rueda de apoyo

#### 4.8.2. Diseño del sistema de transmisión

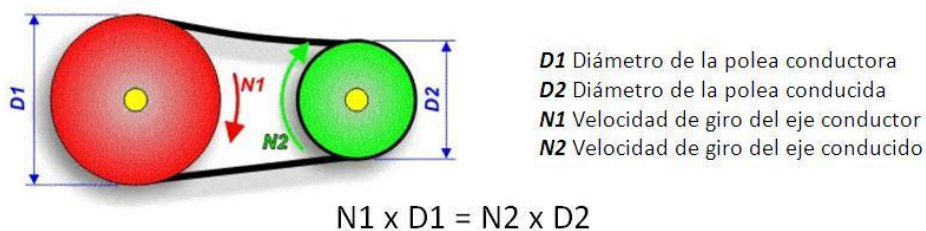
Para el sistema de transmisión se establece un mecanismo no muy complejo basado en la mecánica, correspondiente a un tren de poleas acopladas de un taladro pedestal hacia el diseño de una máquina embaladora de cajas tomando en cuenta los diámetros de cada polea y su relación de velocidad entre sí.



**Figura 4.3.** Esquema de transmisión del tren de poleas de la máquina

#### *Relación de Transmisión “i”*

Mediante la aplicación de la ecuación (4.2) se determina el cálculo de la relación de transmisión de velocidad.



**Figura 4. 4.** Gráfico de relación de transmisión de velocidad

$$i = \frac{D_2}{D_1} = \frac{n_1}{n_2} \quad \text{Ec. (4.2)}$$

**Donde:**

- i* = Relación de transmisión; (adimensional)
- n* = número de revoluciones por minuto; (rpm)
- D* = Diámetro; (mm)

Para el cálculo de la relación total de transmisión conociendo los diámetros de cada polea, se aplicará la teoría de máquinas y mecanismos mediante la ecuación (4.3.).

$$i = \frac{D_6}{D_1} \quad \text{Ec. (4.3)}$$

De tal manera, se estableció en la máquina un tren de poleas que consta de 6 ruedas conductoras para el diseño de relación de transmisión de velocidad, mediante el cual, se aplicará la ecuación (4.3) en relación a 6 poleas con distinto diámetro, como se observa en el (**Anexo II.4**).

$$i = \frac{D_1}{D_2} \times \frac{D_3}{D_4} \times \frac{D_5}{D_6} \quad \text{Ec. (4.4)}$$

### ***La velocidad del eje saliente***

Para el cálculo de la velocidad del eje saliente se aplica la ecuación Ec. (4.3).

Sabiendo que:

$$i = \frac{n_2}{n_1}$$

Por ende, se conoce que es un tren de poleas con 6 ruedas conductoras ( $n_6$ ) de velocidad, siendo  $n_6$  la velocidad de la última rueda de forma que se puede obtener reemplazando en la ecuación (4.2.).

$$i = \frac{n_6}{n_1}$$

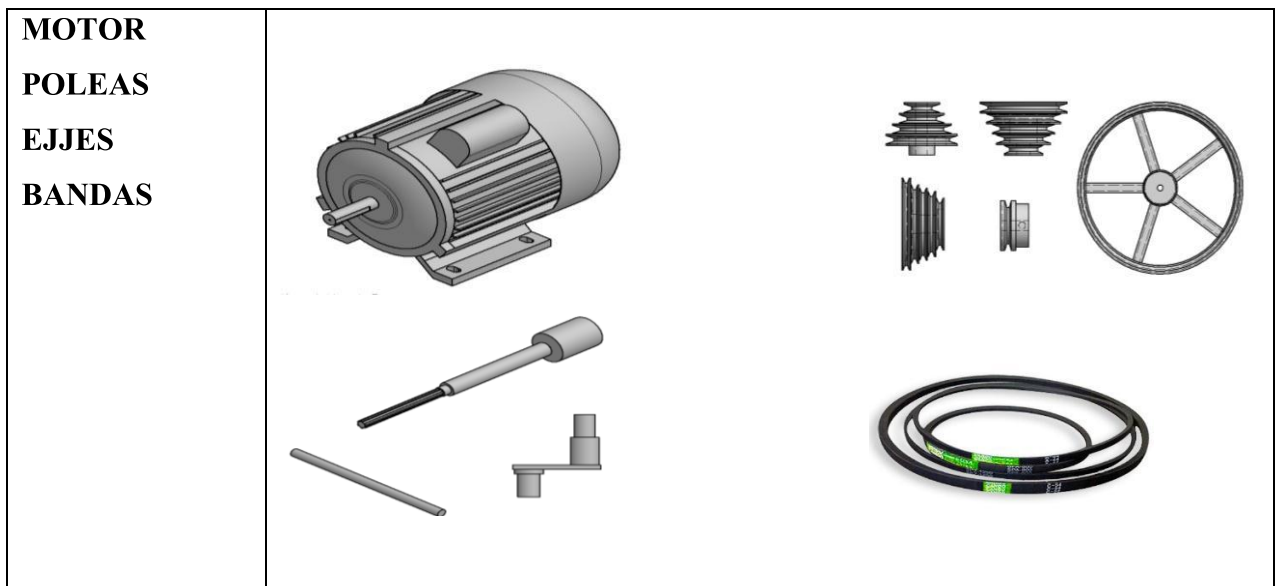
Para reemplazar  $n_6$  y  $n_1$  los datos se obtienen de las especificaciones del motor facilitado por la empresa, siendo este un motor trifásico de ½ Hp y 1740 RPM, el cual mediante un variador de frecuencia estabilizamos a una velocidad de salida requerida.

### ***Velocidad de salida requerida***

La velocidad de salida requerida en el plato giratorio para el embalaje mediante un análisis de campo se determina una velocidad de 20 RPM, por lo cual se aplica Ingeniería inversa en la ecuación (4.2.), por tanto, se toma como dato principal las RPM de salida requerida para determinar a qué velocidad se estabiliza la entrada del motor mediante la implementación de un variador de frecuencia.

### ***Elementos del sistema de transmisión***

Los elementos que intervienen en el sistema de transmisión de potencia se pueden visualizar en la Figura 4.4. Sistema de transmisión elementos.



**Figura 4.5.** Elementos del sistema de trasmisión

***Determinación del torque del motor***

Para el cálculo del torque se aplica la ecuación (4.5)

$$T = \frac{P \times (5252)}{v} \qquad \text{Ec. (4.5)}$$

**Donde:**

*T* = torque; (N.m)

*P* = potencia del motor; (HP)

*v* = velocidad corregida del motor; (RPM)

***Determinación de la potencia***

Para el cálculo de la potencia se aplica la ecuación (4.6).

$$P = t \times \omega \qquad \text{Ec. (4.6)}$$

**Donde:**

*P* = potencia del motor; (HP)

*t* = torque; (N.m)

*ω* = velocidad angular; (rad/s)

### ***Cálculo del torque en cada relación de transmisión***

Para el cálculo del torque en cada relación de transmisión se utiliza la ecuación (4.7)

$$t_2 = t_1 \times i_1 \quad \text{Ec. (4.7)}$$

**Donde:**

$t_2$  = Torque en la polea 2; (N.m)

$t_1$  = Torque polea 1; (N.m)

$i_1$  = Relación de transmisión; (adimensional)

### ***Selección de bandas***

El procedimiento a desarrollar para la selección de bandas se lo realiza mediante el análisis del libro: Correas de transmisión, cálculo y diseño.

### ***Determinación del contacto de las bandas***

Mediante la ecuación (4.8) se determina el cálculo del ángulo de contacto de la banda.

$$\theta = 2 \cos^{-1} \left( \frac{D - d}{2c} \right) \quad \text{Ec. (4.8)}$$

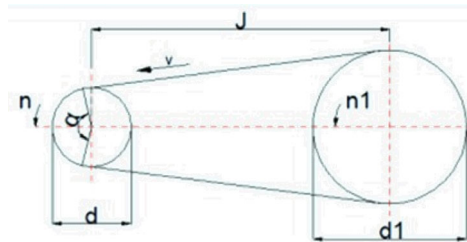
**Donde:**

$\theta$  = ángulo de contacto de la banda; grados

$D$  = diámetro exterior polea 2; (m)

$d$  = diámetro exterior polea 1; (m)

$c$  = diámetro entre centros (m)



**Figura 4.6.** Ángulo que genera la correa sobre la polea menor.

### ***Longitud de la banda de transmisión***

Para el cálculo de la longitud de la banda se obtiene mediante la ecuación (4.9).

$$L = 2C + \frac{\pi}{2}(D + d) \frac{(D - d)^2}{4C} \quad \text{Ec. (4.9)}$$

**Donde:**

*L = longitud de la banda (longitud efectiva); (m)*

*C = distancia entre centros de polea a polea; (m)*

*D = diámetro mayor de polea; (m)*

*d = diámetro menor de polea; (m)*

**Cálculo de fuerzas**

Para el cálculo de las fuerzas se utilizará la ecuación (4.10).

$$\frac{F1}{F2} = e^{f\theta} \quad \text{Ec. (4.10)}$$

**Donde:**

*F1 = tensión en el lado tirante de la banda; (N)*

*F2 = tensión en el lado de la banda; (N)*

*f = coeficiente de rozamiento; (dato de tabla)*

*θ = ángulo de contacto de la banda*

**Cálculo de fuerza en cada banda**

Para el cálculo de fuerzas en cada banda se utiliza la siguiente ecuación.

$$T_{polea1} = (F1 - F2)r_1 \quad \text{Ec. (4.11)}$$

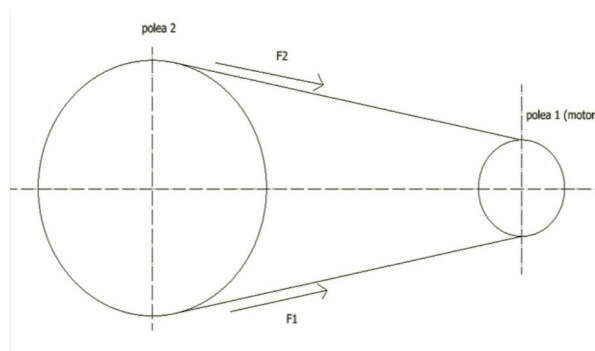
**Donde:**

*T<sub>polea1</sub> = torque de la polea 1; (N.m)*

*F1 = tensión en el lado tirante de la polea; (N)*

*F2 = tensión en el lado fijo de la banda; (N)*

*r<sub>1</sub> = radio de la polea 1; (m)*



**Figura 4.7.** Fuerzas que actúan en las poleas por medio de bandas

***Cálculo de la fuerza resultante de las bandas***

Para determinar la fuerza resultante o total de la banda se aplica la ecuación (4.12)

$$F_T = F_1 + F_2 \quad \text{Ec. (4.12)}$$

**Donde:**

$F_T =$  fuerza total o resultante; (N)

$F_1 =$  tensión en el lado tirante de la polea; (N)

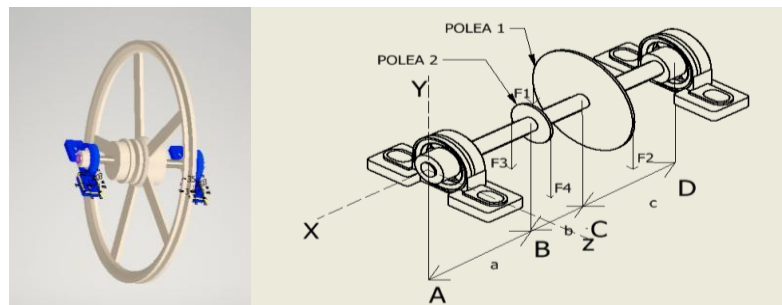
$F_2 =$  tensión en el lado fijo de la banda; (N)

***Cálculo y diseño de ejes***

Para establecer el cálculo de diseño de ejes se toma como referencia el análisis del manual de diseño mecánico de Shigley.

***Diseño de eje para la polea 2-3***

Para obtener los datos requeridos para el diseño del eje se realiza el cálculo para obtener las fuerzas que se aplican sobre el mismo.



**Figura 4.8.** Diseño de eje de polea 2-3

### ***Diagrama de fuerza***

Para el cálculo del eje de la polea 2-3 se realiza un diagrama de fuerzas el cual presenta la distribución de las fuerzas actuantes en el eje para sus dimensiones correspondientes.

### ***Momento flector***

Mediante la ecuación (4.13) se determina el momento flector.

$$M = F \times d \quad \text{Ec. (4.13)}$$

#### **Donde:**

$M$  = momento flector; (N.m)

$F$  = fuerza; (N)

$d$  = distancia; (m)

### ***Cálculo del diámetro del eje***

Para el cálculo del diámetro del eje se aplica la ecuación (4.14).

$$0.6S_y = \sqrt{\left(\frac{32M}{\pi d^3}\right)^2 + 3\left(\frac{16T}{\pi d^3}\right)^2} \quad \text{Ec. (4.14)}$$

#### **Donde:**

$S_y$  = esfuerzo de fluencia del material; (MPa)

$M$  = momento flector; (N.m)

$T$  = torque del eje; (N.m)

$d$  = diámetro del eje; (mm)

Como dato se sabe que los diámetros que se han obtenido son de 9 y 13 mm respectivamente.

### ***Esfuerzo cortante por torsión***

Para el cálculo del esfuerzo cortante primero se determina como actúa dicho esfuerzo sobre los dos ejes ya que este actúa sobre el eje para deformarlo, varía dependiendo del comportamiento de la materia el cómo se esté aplicando las fuerzas, así esta puede causar diferentes deformaciones en los ejes, por ende, se aplica la ecuación (4.15) para determinar el esfuerzo cortante.

$$\tau = \frac{T \times c}{J} \quad \text{Ec. (4.15)}$$

**Donde:**

$\tau$  = esfuerzo cortante; ( $N/m^2$ )

$T$  = torque; ( $N.m$ )

$c$  = radio de giro; ( $mm$ )

$J$  = momento polar de inercia; ( $mm$ )

### ***Esfuerzos normales por flexión***

Para el cálculo de esfuerzos normales se toma en cuenta solo la carga axial a la cual está sometida el eje, ya que cuando se tiene carga axial se puede determinar los esfuerzos normales, por ende, se aplica la ecuación (4.16).

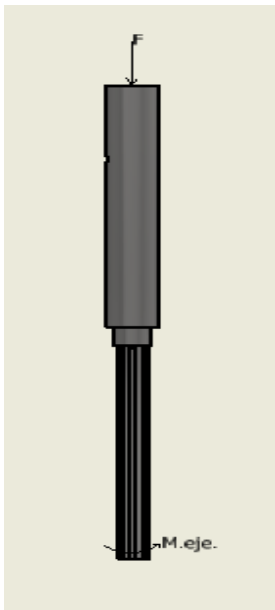
$$\sigma = \frac{Mc}{I} \quad \text{Ec. (4.16)}$$

**Donde:**

$Mc$  = distancia del eje; ( $mm$ )

$I$  = inercia; ( $Kg.m^2$ )

### ***Diseño de eje saliente***



Se calcula las tensiones en base al diámetro menor del eje, cálculo que se lo determina en el estriado del eje con un diámetro de 12mm.

Cálculo por resistencia de compresión se lo determina mediante la ecuación (4.17).

$$\sigma_{compresión} = \frac{F}{A} \quad \text{Ec. (4.17)}$$

$$\sigma_{compresión} = \frac{F}{\frac{\pi.d^2}{4}}$$

### Cortadura

Atraves de la comprobación del coeficiente de seguridad según la tención cortante máxima se determina el cálculo de cortadura mediante la ecuación.

$$\tau = \frac{M_{torsor}}{W_0} \quad \text{Ec. (4.18)}$$

$$\tau = \frac{M_{torsor}}{W_0}$$

$$\tau = \frac{M_{torsor}}{\frac{\pi \cdot d^3}{16}}$$

$$\frac{1}{2} \cdot \frac{\sigma_F}{N} = \sqrt{\left(\frac{\sigma}{2}\right)^2 + \tau^2} \quad \text{Ec. (4.19)}$$

### Donde:

$\sigma$  = *esfuerzo normal*; ( $N/m^2$ )

$\tau$  = *esfuerzo cortante*; ( $N/m^2$ )

### Estriado del eje

Mediante el estriado de un eje se transmite el par de torsión a través de un eje para ello se comprueba que los dientes del eje estriado son resistentes a compresión para la cual se tiene el siguiente proceso de cálculo aplicando la ecuación (4.20).

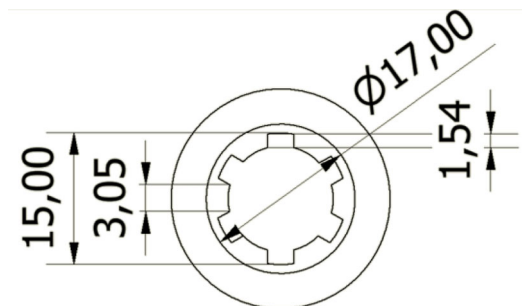


Figura 4.9. Eje Estriado

$$Rm = \frac{D + d}{2} \quad \text{Ec. (4.20)}$$

Reemplazando en la ecuación (4.20).

$$\sigma_c = \frac{F_t}{z \cdot 0.75 \cdot h \cdot L} \quad \text{Ec. (4.21)}$$

**Donde:**

$F_t$  = fuerza tangencial por el radio medio; (N)

$h$  = altura del diente; (cm)

$L$  = longitud del eje estriado; (cm)

Para la longitud del eje estriado se toma como referencia 1=25 lo cual se determina un eje totalmente desplegado.

#### **4.8.3. Diseño del sistema de elevación manual vertical (porta-bobina Stretch film)**

##### ***Diseño Porta bobinas***

Mediante el software inventor 3D se diseñó el sistema de elevación para la porta bobinas de stretch film acoplado al pedestal del taladro, ya que fue uno de los requerimientos de la empresa para el diseño de la máquina embaladora.

Este sistema se basa en un movimiento manual de forma vertical, el cual el encargado de realizar este movimiento va a ser la persona operaria de la máquina. Los esfuerzos en este sistema van a ser mínimos por lo cual se determinó un análisis mediante el software como se observa en el **(Anexo II. 6)**.

##### ***Diseño de rodaduras***

Para el diseño de rodaduras se eligieron 4 ruedas, las cuales no van a sufrir concentración de esfuerzos, pero sirven de ayuda para estabilizar la bobina de stretch film, estas ruedas se las determinó mediante la división de fuerza para 4 ruedas y en base al catálogo de skf, como se lo muestra en el **(Anexo II. 5)**.

El cual para las dimensiones apropiadas y el tipo de eje es apropiado las rodaduras 6000-2RS.

##### ***Diseño de la estructura porta bobinas***

Mediante el software inventor se puede determinar dicho análisis de cargas en la estructura porta bobinas con los elementos seleccionados como se observa en el **(Anexo II.6)**.

#### 4.8.4. Diseño de la estructura metálica

Para el diseño y construcción de la estructura general de la máquina primero se estableció con qué tipo de material se va a trabajar de acuerdo a la necesidad y parámetros requeridos de dicha máquina.

El diseño de la estructura se lo realizó mediante software, el cual permite determinar las diferentes tensiones que actúan sobre la estructura metálica de la máquina como se observa en el (Anexo II. 7), para lo cual se eligió según normativa INEN 1623 de perfiles estructurales – Ángulos “L”, el ángulo de calidad ASTM A36 de acabado acero negro de especificación L 50x4 para la construcción de la estructura.

##### *Acero negro ASTM A36*

Se eligió este tipo de acero por ser muy utilizado en base a su calidad estructural, ya que brinda excelentes propiedades de soldadura y lo hace muy adecuado para una gran variedad de aplicaciones a un bajo costo de economía en el mercado. Las propiedades del ASTM A36 también lo convierten en una opción común para muchas aplicaciones de construcción.

##### 4.8.4.1. Uniones no permanentes diseño de pernos de sujeción

Las uniones no permanentes se caracterizan por ser uniones desmontables como son es el uso de pernos con rosca y se aplica en diferentes usos para sujeciones no permanentes y que requieren ser ajustadas.

Para ellos se determinó el cálculo para los pernos de sujeción que van colocados en la base del motor, la carcasa que conlleva las poleas tipo cono y para la sujeción del sistema de elevación aplicando la ecuación (4.22)

$$F_e = \frac{F_{eT}}{n} \quad \text{Ec. (4.22)}$$

**Donde:**

$F_e$  = fuerza externa (Fuerza por perno); (N)

$F_{eT}$  = fuerza externa total; (N)

$n$  = número de pernos

El diseño del perno adopta la máxima resistencia a la tracción  $S_p$ , que es la tensión máxima a la que el perno puede soportar sin deformación permanente. Según los datos del proceso de

cálculo mostrado en el (**Anexo II. 8**), para la mayoría de los grados de SAE, la resistencia a la tracción final es aproximadamente el 90% del límite elástico específico al 0,2% constante. Las características de resistencia de los pernos y los materiales (acero) se especifican de acuerdo con los grados o calidades especificadas por SAE, ASTM e ISO.

Para el diseño de la máquina, se desconoce la fuerza de tracción inicial, por lo que también se desconocerá la fuerza de sujeción, si no se puede controlar el par durante el proceso de apriete. El problema de tracción inicial desconocido es muy común y su solución es rápida, dado que se desconoce la tensión inicial, la fuerza total que actúa sobre el perno no se puede calcular, por lo que el diseño es "demo" al elegir el diámetro apropiado, para esto se toma un perno referencial.

### ***Área de esfuerzo a tracción***

Para el desarrollo del cálculo se considera la ecuación (4.23)

$$A_t = \left( \frac{6F_e}{(in^{-1})S_y} \right)^{\frac{2}{3}} \quad \text{Ec. (4.23)}$$

**Donde:**

$A_t$  = área de esfuerzo a tracción; ( $mm^2$ )

$S_y$  = resistencia de fluencia mínima a la tracción; (MPa)

Determinando el área de esfuerzo a tracción como se muestra en el (**Anexo II. 8**) se puede seleccionar mediante el diámetro de tamaño el perno que se puede utilizar, posteriormente en el perno seleccionado se analiza los siguientes valores:

### ***Cálculo de esfuerzo cortante***

Según las normas UNS o ISO, los elementos de sujeción con diámetro  $\emptyset \leq 1"$ , en las que el perno y la tuerca son del mismo material se establece la siguiente condición a partir de la ecuación (4.24).

$$\tau = \frac{P}{A} \quad \text{Ec. (4.24)}$$

**Donde:**

$P$  = fuerza aplicada; (N)

$A$  = área del perno; (mm)

### ***Cálculo de la fuerza de Apriete***

Mediante el conocimiento de saber que todo perno suele tener una precarga alta se determina que la fuerza de tracción obtenida al tensar es próxima a la resistencia límite del material,  $S_p$ . Una razón es que cuando se aplica una gran carga al perno, la fuerza externa no aumenta significativamente sobre ese perno lo cual es poco probable que se dañe durante el uso, para ello se aplica la ecuación (4.25).

$$S_i = 0.75 S_p \quad \text{Ec. (4.25)}$$

**Donde:**

$S_i =$  Esfuerzo inicial (esfuerzo normal en el perno); ( $N/mm^2$ )

$S_p =$  Resistencia límite del perno (dado en la tabla ); ( $N/mm^2$ )

#### **4.8.4.2. Uniones permanentes**

##### ***Selección de tipo de soldadura***

Para la selección del tipo de soldadura se acoge al tipo de material a soldar, para este caso se eligió el tipo de material de acero negro ASTM A36 como se detalló anteriormente ya que sus propiedades permiten acogerse a distintos tipos de soldadura acorde a la construcción que se pretende realizar.

Las uniones permanentes hacen referencia a la parte de sujeción fija o permanente que se desea realizar para obtener una fijación entre dos o más piezas en una estructura de metal o acero, acorde a la necesidad de la persona que desea construir.

##### ***Selección del material de aporte para soldadura (electrodo)***

Para las uniones permanentes de la estructura de la máquina, se eligió realizar el tipo de soldadura por arco eléctrico con electrodo manual revestido “E6011”, ya que es el electrodo o varilla de fundir más común en el mercado.

##### ***Normas de aplicación***

La mayoría de los electrodos para soldadura por arco se clasifican a partir de las propiedades del metal de aporte, que fueron clasificadas y estudiado por un comité asociado a la American Welding Society (A.W.S) y a la American Society Mechanical Engineers (ASME).

E6011	ACP	2.4 (3/32)	300	50-80	TODAS	AC o DC	Se emplea para soldar todo tipo de acero de bajo carbono en tuberías, estructuras, construcciones navales, recipientes a presión, etc, especialmente en pases de penetración. Adecuado para soldar láminas galvanizadas.	63 a 74 (434-510)	27 al 35
		3.2 (1/8)	350	70-115				52 a 60 (359-413)	27 al 100
	4.0 (5/32)	350	90-160						
	4.8 (3/16)	450	120-210						

**Figura 4.10.** Tipo de electrodo a utilizar

*Según Especificaciones técnicas A.W.S. E 6011*

**Tabla 4.2.** Datos técnicos del electrodo

Amperaje	Penetración	Tipo de corriente	Espesor a soldar	Remoción de escoria	Apariencia del depósito
80 – 120 amp.	Alta	CA, CC (+)	2.0 a 4.0 mm	Normal.	Rugosa

Para la elección del electrodo se utilizó el catálogo West arco regido en base a la normativa A.W.S mediante el cual se escogió el electrodo E6011, como se observa en el (Anexo II. 9) [14].

La estructura de la máquina embaladora de cajas está diseñada a base de perfiles unidos entre sí, en la cual se utilizó la soldadura para uniones rígidas, la estructura es capaz de soportar esfuerzos que son transmitidas entre piezas.

#### ***Cálculo de resistencia de material de aporte***

Para el cálculo de resistencia se utiliza la ecuación (4.26), detallándose el procedimiento en el (Anexo II. 9).

$$F = F_{uperm} \times L \quad \text{Ec. (4.26)}$$

**Donde:**

$F$  = fuerza total resultante; (psi)

$F_{uperm}$  = fuerza unitaria permisible en la soldadura de filete;  $\left(\frac{kip}{plg}\right)$

$L$  = longitud de soldadura; (plg)

#### ***Esfuerzo permisible***

Para obtener la fuerza permisible se aplica la ecuación (4.27)

$$\sigma_{permi} = 0.4S_y \quad \text{Ec. (4.27)}$$

**Donde:**

$\sigma_{permi} = \text{esfuerzo permisible; (Kg/cm}^2\text{)}$

$S_y = \text{límite de fluencia del material; (N/mm}^2\text{)}$

***Esfuerzo cortante***

El esfuerzo cortante se lo puede determinar mediante la aplicación de la ecuación (4.28)

$$\tau = \frac{F}{2hl} \quad \text{Ec. (4.28)}$$

**Donde:**

$\tau = \text{esfuerzo cortante; (Kpsi)}$

$F = \text{fuerza total resultante; (psi)}$

$h = \text{altura de soldadura; (plg)}$

$l = \text{longitud de soldadura; (plg)}$

***Esfuerzo de tensión en el cuerpo de la unión***

$$\sigma = \frac{F}{tl} \quad \text{Ec. (4.29)}$$

**Donde:**

$\sigma = \text{esfuerzo de tensión; (Kpsi)}$

$F = \text{fuerza total resultante; (psi)}$

$t = \text{longitud de la garganta; (plg): } t = l \times 70\%$

$l = \text{longitud de la soldadura; (plg)}$

### **Selección de Rodamientos para ejes principal**

Para la selección de rodamientos se determina el criterio por el cual están basados, ya que son elementos mecánicos que aseguran un enlace móvil entre dos elementos de un mecanismo permitiendo la rotación relativa de dichos elementos bajo carga, con presión y con un rozamiento mínimo.

El proceso general para la selección de rodamientos se basó mediante el catálogo de SKF como se observa en el **(Anexo II. 10)**.

### ***Chumaceras***

Para la selección y análisis de las chumaceras para la sujeción del eje para poleas 2 y 3 se tomó en cuenta la necesidad requerida a su aplicación ya que la principal función de este elemento es dar apoyo a un eje de rotación por lo cual este tipo de cojinete se coloca generalmente en una línea paralela al eje.

Al igual que el proceso para selección del tipo de rodamientos, la selección de las chumaceras se lo hace de la misma manera, mediante el catálogo de SKF como se muestra en el mismo **(Anexo II. 10)**.

### ***Tipo de chumacera***

Este tipo de elementos son rodamientos que soportan un eje giratorio que se pueden atornillar en cualquier subestructura de máquina, lo cual no es necesario mecanizar con precisión un soporte de rodamiento en una carcasa circulante. Esto hace que estas soluciones sean rentables y fáciles de usar.

Para la sujeción del eje para polea 2 y 3 se seleccionó chumacera de piso, el cual van sujetas en una subestructura acorde a la necesidad de trabajo del eje de rotación, para ello se muestra un mayor detalle en el **(Anexo II. 11)**.

### ***Selección de anillos seeger***

Es un anillo elástico utilizados para situar y bloquear un gorrón en el interior de un agujero de un eje. Con la finalidad de ser desmontado fácilmente, sus características físicas son una corona circular interrumpida, en los bordes se encuentra aletas dotadas con 2 agujeros, por el cual se introduce la herramienta para su manipulación al implementar o retirar estos elementos.

A través de la tabla de anillos seeger para ejes con normativa **DIN 471** se seleccionó un anillo seguridad con un diámetro establecido de 13 mm como se muestra en el **(Anexo II. 12)**.

## **4.9. DISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO Y CONTROL DE MANDO**

### **4.9.1. Sistema eléctrico**

Para la implementación del sistema eléctrico en la máquina embaladora de cajas de cartón se consideró los elementos que la Empresa Casa Importaciones tubo a consideración prestar, ya que los beneficiarios de este proyecto resultan ser el propietario de dicha empresa y trabajadores de la misma para un mejor desempeño.

### *Elementos implementados en el sistema eléctrico-electrónico de la máquina*

#### *- Elementos de potencia*

Estos elementos se consideran e implementa a consideración de la empresa ya que dichos elementos son dotados y por ende se acata la disposición con los elementos que se tenía como se detalla en la siguiente tabla 4.3.

**Tabla 4.3.** Elementos de potencia adquiridos de la empresa.

<b>Cantidad</b>	<b>Elemento</b>	<b>Especificaciones</b>	<b>Observaciones</b>
1	Motor	<ul style="list-style-type: none"><li>- Motor trifásico de 1740 RPM</li><li>- Frecuencia de 60 Hz</li><li>- Potencia de 1/2 HP</li></ul>	(cumple con las condiciones)
1	Variador de frecuencia	<ul style="list-style-type: none"><li>- Marca DELTA</li><li>- Entrada y salida de voltaje trifásico</li><li>- Potencia para 1 HP</li><li>- Frecuencia de 50 a 60 Hz</li></ul>	(cumple con las condiciones de estabilización de RPM del motor, para velocidad final requerida)

#### *Selección del motor trifásico*

La selección se lo determina mediante requerimientos de la empresa Casa Importaciones, por motivo de ellos tener el motor y por ende acoplarlo a dicha máquina para su funcionamiento, las especificaciones de dicho motor se determinan en la tabla 4.4.

**Tabla 4.4.** Datos del motor seleccionado

<b>Motor</b>	<b>Frecuencia de Operación</b>	<b>Revoluciones Nominales</b>	<b>Potencia Nominal</b>
3~	60 Hz	1740 r/min	1/2 Hp=0,37 kW

#### *Selección del variador de frecuencia*

Para dicha selección se basa dependiendo de la potencia del motor, ya que obligadamente debe ser de la misma potencia o un tanto superior para el correcto funcionamiento.

En la siguiente tabla 4.5 se detalla el variador seleccionado para el funcionamiento de la máquina.

**Tabla 4.5.** Datos del Variador seleccionado

Variador	Fabricante	Modelo	Potencia	Frecuencia de operación
3~	Delta	VFD007	1Hp=0,75 kW	50-60 Hz

- *Elementos de mando y control*

Para el sistema eléctrico de potencia se requiere establecer un sistema de control y mando en la máquina para controlar el arranque y paro de la marcha de la máquina, para ello los elementos de control y mando se acoplan a los elementos de potencia como se detalla en la tabla 4.6.

**Tabla 4.6.** Elementos de control y mando de la máquina.

Cantidad	Elemento	Especificaciones	Observaciones
6 (metros)	Cable	AWG 10-Temperatura de operación 90° - tensión Nominal 600 V	Baja y media tensión (cumple con los requisitos para operación de la máquina)
2	Luz piloto - 1 luz verde - 1 luz roja	- Alta resistencia a vibraciones con tornillos de terminal a prueba de sacudidas. - Flexibilidad y Adaptabilidad. - Instalación rápida y sencilla.	(cumple con las condiciones)
2	Pulsadores para conexión trifásico ONN/OFF	Un pulsador eléctrico es un componente que permite o impide el paso de la corriente eléctrica cuando se aprieta o pulsa. El pulsador solo se abre o se cierra cuando el usuario lo presiona hasta el momento de su operación.	(cumple con las condiciones)

Para el diseño del esquema eléctrico el cual está conectado los implementos se desarrolló en base a la ayuda del software muy dinámico CADe SIMU que permite simular el funcionamiento eléctrico de la máquina y modo de conexión de los elementos, dicho esquema del circuito se lo puede observar en el **(Anexo II. 13)**.

## 5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Conocido el proceso mediante los métodos detallados en el anterior capítulo para el diseño mecánico y construcción de la máquina embaladora de cajas de cartón para material ferretero, se seleccionará materiales existentes en el mercado nacional, por ende, para el sistema eléctrico se acoplará los elementos requeridos por la empresa a quien va dirigido este proyecto.

En conformidad a lo dispuesto por la Empresa Casa Importaciones de la ciudad de Ambato se acoplo un diseño de taladro pedestal a una máquina embaladora de cajas mediante la aplicación del software Inventor 3D que por medio de dicho software se estableció los requerimientos establecidos para la construcción, detallando mediante el método cuantitativo las ecuaciones a aplicarse para los diferentes cálculos que conforman principalmente el sistema mecánico de la máquina mediante selección de poleas, bandas, rodamientos, elementos de rodadura, etc. Y para el sistema eléctrico se acomodó los elementos dispuestos por la empresa, brindando así la factibilidad de economizar costos.

Con la aplicación de dicho software se pudo determinar el análisis de esfuerzos mecánicos como: tensión, flexión y el factor de seguridad en el diseño mecánico de la máquina que como resultados obtenidos se detallan en el presente capítulo.

### *Determinación de alcance*

Mediante los datos obtenidos se estable la determinación de variables a la cual se acondiciona la máquina embaladora de cajas como se detalla en la siguiente tabla 5.1.

**Tabla 5.1.** Datos en base a requerimientos de la empresa para diseño de la máquina.

<b>CONDICIONES TÉCNICAS PARA DISEÑO (MÁQUINA EMBALADORA)</b>		
<b>ESPECIFICACIONES</b>	<b>DATOS</b>	<b>UNIDADES</b>
Peso máximo de cajas a embalar	20	<i>Kg</i>
Tamaño de caja	65x65x65	<i>cm</i>
Volumen de caja	275	<i>cm<sup>3</sup></i>
Tiempo de embalado por lado	Según requerimiento de la empresa.	<i>s</i>

## 5.1. DISEÑO DEL SISTEMA MECÁNICO DE LA MÁQUINA SEMIAUTOMÁTICA DE EMBALAJE VERTICAL

### 5.1.1. Diseño del sistema de rotación

#### *Plato giratorio*

Mediante el resultado de carga máxima para diseño del plato se obtuvo los siguientes resultados mostrados en la tabla 5.2.

**Tabla 5.2.** Peso aplicado al plato giratorio

<b>Carga requerida sobre el plato</b>		
<b>Especificaciones</b>	<b>Peso (Kg)</b>	<b>Fuerza (N)</b>
Carga máxima del plato	20	196,10

Para el resultado de análisis obtenido del diseño del plato giratorio se aplica la utilización del software Inventor 3D el cual permite desarrollar una simulación con el peso requerido de 20 Kg sobre plato para determinar tensiones aplicadas al diseño, dicha solución se lo indica en el **(Anexo II.1)**.

Datos obtenidos mediante simulación del software se muestran en la tabla 5.3.

**Tabla 5.3.** Tensiones aplicadas al plato

<b>Tensión de Von Mises</b>	
<b>Teoría de fallo</b>	
Valor máximo	Valor mínimo
4,49	0,016
<b>Factor de seguridad</b>	
Valor máximo	Valor mínimo
15	0
<b>Desplazamiento</b>	
Valor máximo	Valor mínimo
0,0266	0

#### *Elementos de rodadura (selección de ruedas de apoyo).*

Mediante el cálculo de la ecuación (4.1) se determinó el tipo de elemento de rodadura que soporta el peso del plato y consiste en la ayuda de rotación del mismo, dicho dato se muestra en la tabla 5.4, y por ende la solución de lo indica en el **(Anexo II.2)**.

**Tabla 5.4.** Cálculo para la selección de rueda de apoyo

<b>Cálculo de carga para cada rueda de apoyo</b>				
<b>Especificaciones</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Ecuación</b>	<b>Resultado</b>	<b>Unidades</b>
Carga para cada rueda (6)	<i>C</i>	(4.1)	52,47	<i>Newtons (N)</i>

De acuerdo al cálculo obtenido se establece una selección de rueda tipo nylon con carga superior a la calculada, es decir se eligió la rueda con capacidad de carga de 54N, como se muestra en la figura 5.1.



**Figura 5.1.** Ruda de nylon

***Diseño del eje y soporte para las ruedas de apoyo***

Una vez determinadas el tipo de ruedas de apoyo se realizó el diseño del eje y soporte para ser colocadas en la parte inferior del plato, por ende, mediante la aplicación del software Inventor 3D se determinó el análisis de tensiones en el soporte aplicando la fuerza de 52,47 N, como se detalla los resultados en la tabla 5.5, dicho proceso se muestra en el **(Anexo II.3)**.

**Tabla 5.5.** Tensión aplicada al eje y soporte para ruedas de apoyo

<b>Tensión de Von Mises</b>	
<b>Teoría de fallo</b>	
Valor máximo	Valor mínimo
0,85 MPa	0,00007 MPa
<b>Factor de seguridad</b>	
Valor máximo	Valor mínimo
15	0
<b>Desplazamiento</b>	
Valor máximo	Valor mínimo
$3,04 \times 10^{-6}$ mm	0

### 5.1.2. Diseño del sistema de transmisión

Para la determinación de cálculo del sistema de transmisión se considera que se inició desde un taladro pedestal hacia el diseño de una máquina embaladora de cajas de cartón, bajo requerimientos de la Empresa Casa Importaciones de la ciudad de Ambato.

Después de ser analizado el sistema de transmisión mediante poleas, se determinó ser necesaria la implementación de un variador de frecuencia ya que la velocidad requerida de salida no era la adecuada para un embalaje de calidad en las cajas de cartón, por el mismo motivo que se contaba con motores dotados por la empresa y bajo requerimientos de la misma se acopló a lo que se tenía para el diseño y construcción de la máquina.

Mediante la implementación de un motor trifásico de 1740 RPM fue necesaria la intervención de un variador de frecuencia, el cual pueda modificar la velocidad de entrada a 618, 81 RPM para así poder obtener la velocidad requerida de 20 RPM a la salida del plato giratorio y de esta manera brindar el resultado de un embalaje de cajas de calidad.

Los resultados obtenidos se detallan en la tabla 5.6, mediante el proceso de cálculo que se lo indica en el (Anexo III.1).

**Tabla 5.6.** Relación de velocidades y torque de la máquina

<b>Cálculo del sistema de transmisión, en base a la velocidad modifica de 618,81 RPM de entrada.</b>					
<b>Especificaciones</b>	<b>Ecuación</b>	<b>Velocidad (RPM)</b>	<b>Ecuación</b>	<b>Torque (lb.ft)</b>	<b>Torque transformado (N.m)</b>
Polea 1	(4.2)	618,81	(4.5)	4,24	5,74
Polea 2-3	(4.2)	82,4	(4.7)	31,8	43,11
Polea 4-5	(4.2)	60,2	(4.7)	71,55	97
Polea 46	(4.2)	20	(4.7)	196,76	266.77

### *Selección de bandas*

El procedimiento a desarrollar para la selección de bandas se lo realiza mediante el análisis del libro: Correas de transmisión, cálculo y diseño. El proceso de la selección de bandas se muestra en el (Anexo III.2).

A continuación, se detalla en la tabla 5.7, el tipo de banda seleccionada para la implementación en el sistema de transmisión.

**Tabla 5.7.** Bandas seleccionadas

<b>Especificaciones</b>	<b>Tipo de banda</b>	<b>Especificaciones de banda</b>	<b>Marca</b>
Banda 1	A	A26	HI BOWER
Banda 2	A	A39	HI BOWER
Banda 3	A	A17	HI BOWER

***Determinación del contacto de las bandas***

Una vez seleccionadas las bandas se procede a calcular el contacto de las bandas como se muestra el procedimiento en el **(Anexo III.2)**.

En la tabla 5.8 se establece los resultados al aplicar la ecuación (4.8).

**Tabla 5.8.** Cálculo del contacto de banda

<b>Especificaciones</b>	<b>Ecuación</b>	<b>Resultado</b>	<b>Unidades</b>	<b>Radianes (rad)</b>
Banda 1 tipo A	(4.8)	116,61	grados	2,03
Banda 2 tipo A	(4.8)	175,89	grados	3,06
Banda 3 tipo A	(4.8)	154,28	grados	2,69

***Longitud de la banda de transmisión***

En la tabla 5.9 se establece los resultados de la longitud de cada banda, dicho procedimiento se muestra en el **(Anexo III.2)**.

**Tabla 5.9.** Cálculo de la longitud de cada banda

<b>Especificaciones</b>	<b>Ecuación</b>	<b>Resultado</b>	<b>Unidades</b>
Banda 1 tipo A	(4.9)	0,68	m
Banda 2 tipo A	(4.9)	1,06	m
Banda 3 tipo A	(4.9)	0,40	m

***Cálculo de fuerzas de cada banda***

En la tabla 5.10 se establece los resultados del cálculo de fuerzas, dicho procedimiento se muestra en el **(Anexo III.2)**.

**Tabla 5.10.** Cálculo de fuerzas

<b>Especificaciones</b>	<b>Ecuación</b>	<b>Resultado</b>		<b>Unidades</b>
Banda 1 tipo A	(4.10)- (4.11)	F1	443,89	N
		F2	218,66	
Banda 2 tipo A	(4.10)- (4.11)	F3	1719,11	N
		F4	588,73	
Banda 3 tipo A	(4.10)- (4.11)	F5	5907,6	N
		F6	2307,69	

### *Cálculo de la fuerza resultante de las bandas*

En la tabla 5.11 se establece los resultados del cálculo de fuerza resultante de las bandas, dicho procedimiento se muestra en el **(Anexo III.2)**.

**Tabla 5. 11.** Cálculo de fuerzas en cada banda

<b>Especificaciones</b>	<b>Ecuación</b>	<b>Resultado</b>	<b>Unidades</b>
Banda 1 tipo A	(4.12)	662,55	N
Banda 2 tipo A	(4.12)	2507,84	N
Banda 3 tipo A	(4.12)	8215,29	N

### *Cálculo y diseño de ejes*

Para establecer el cálculo de diseño de ejes se toma como referencia el análisis del manual de diseño mecánico de Shigley. Mediante el cual se puede determinar el tipo de material a utilizar en los ejes y el diámetro como se muestra en la tabla 5.12.

**Tabla 5.12.** Tipo de material y diámetro en ejes

<b>Especificaciones</b>	<b>Material</b>	<b>Diámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Observaciones</b>
Eje para polea 2-3	Acero AISI1020	13	mm	
Eje final de transmisión de velocidad al plato	Acero AISI/SAE 4340	13	mm	Se toma como referencia el diámetro menor

El procedimiento de cálculos para el diseño de ejes se observa en el **(Anexo III. 3)**

### **5.1.3 Diseño del sistema de elevación manual vertical (porta-bobina Stretch film)**

#### *Diseño Porta bobinas*

Este diseño es parte complementaria del sistema mecánico de la máquina ya que la porta bobinas vertical va a ser controlada por el operario de la máquina, el cual va a determinar el embalaje necesario para la caja de cartón, por ende, mediante la aplicación del software Inventor 3D se determinó el análisis de tensiones en el pedestal porta bobinas de stretch film, como se detalla los resultados en la tabla 5.13, dicho proceso se muestra en el **(Anexo II.6)**.

**Tabla 5.13.** Tensión aplicada a la porta bobinas vertical

<b>Tensión de Von Mises</b>	
<b>Teoría de fallo</b>	
Valor máximo	Valor mínimo
0,0991MPa	0
<b>Desplazamiento</b>	
Valor máximo	Valor mínimo
$3,90 \times 10^{-4}$ mm	0

**Diseño de rodaduras**

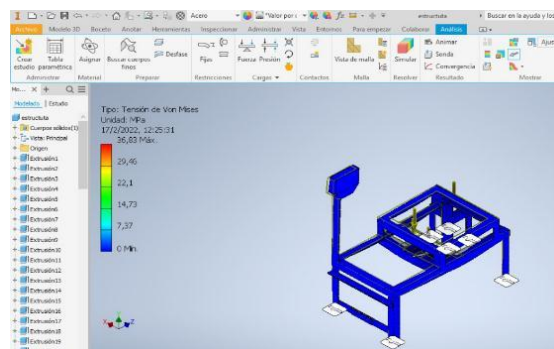
Para el diseño de rodaduras se eligieron 4 ruedas, las cuales no van a sufrir concentración de esfuerzos, pero sirven de ayuda para estabilizar la bobina de stretch film, estas ruedas se las determinó mediante la división de fuerza para 4 ruedas como se detalla en la tabla 5.14 y en base al catálogo de skf, como se lo muestra en el (Anexo II. 5).

**Tabla 5.14.** Cálculo para la selección de rueda de apoyo (porta bobina)

<b>Cálculo de carga para cada rueda de apoyo</b>				
Especificaciones	Símbolo	Ecuación	Resultado	Unidades
Carga para cada rueda (4)	<i>C</i>	(4.1)	0,63	<i>Newtons (N)</i>

**5.1.4 Diseño de la estructura metálica**

El diseño de la estructura se lo realizó mediante software, el cual permite determinar las diferentes tensiones que actúan sobre la estructura metálica de la máquina como se observa en el (Anexo II. 7), y los resultados se muestran en la tabla 5.15, para lo cual se eligió según normativa INEN 1623 de perfiles estructurales – Ángulos “L”, el ángulo de calidad ASTM A36 de acabado acero negro de especificación L 50x4 para la construcción de la estructura.



**Figura 5.2.** Diseño estructural de la máquina (análisis de cargas)

**Tabla 5.15.** Tensión aplicada a la estructura de la máquina

<b>Tensión de Von Mises</b>	
<b>Teoría de fallo</b>	
Valor máximo	Valor mínimo
29,46 MPa	0
<b>Factor de seguridad</b>	
Valor máximo	Valor mínimo
15	0
<b>Desplazamiento</b>	
Valor máximo	Valor mínimo
0,2402 mm	0

A continuación, en la tabla 5.16 se detallan las especificaciones de las propiedades del acero con el cual está construida la máquina.

**Tabla 5.16.** Propiedades del acero estructural

Material	Acero ASTM A36
Densidad	7,85 g/cm <sup>3</sup>
Área	2275700 mm <sup>2</sup>
Volumen	4558440 mm <sup>3</sup>
Centro de gravedad	x=322,988 mm y=-19,5171 mm z=-496,107 mm

En la siguiente tabla 5.17 se muestran los resultados del análisis estático del material a utilizar en el diseño estructural de la máquina.

**Tabla 5. 17.** Análisis estático de la estructura

Nombre	Acero ASTM A36	
General	Densidad de masa	7,85 g/cm <sup>3</sup>
	Límite de elasticidad	207 MPa
	Resistencia máxima a tracción	345 MPa
Tensión	Módulo de Young	210 GPa
	Coefficiente de Poisson	0,3 su
	Módulo cortante	80,76 GPa
Nombre(s) de pieza	estructura.ipt	

#### 5.1.4.1. Uniones no permanentes diseño de pernos de sujeción

Mediante la ecuación (4.22) se determina el cálculo para los pernos de sujeción que van colocados en la base del motor, la carcasa que conlleva las poleas tipo cono y para la sujeción del sistema de elevación como se detalla en la tabla 5.18.

**Tabla 5.18.** Selección de pernos utilizados para cada sección de la máquina

<b>Especificaciones</b>	<b>Tipo de perno</b>	<b>Diámetro</b>	<b>Numero de pernos</b>
Sujeción base de motor	ISO 4017	M12x19	4
Sujeción Carcasa que conlleva poleas tipo cono	ISO 4017	M8x12	4
Sujeción sistema de elevación	ISO 4017	M10x50	4

Mediante los diferentes cálculos detallados en la tabla 5.19 se establece si los pernos seleccionados son los adecuados para la resistencia a la sujeción de cada sección de la máquina.

**Tabla 5.19.** Detalle de cálculo en base a la selección de pernos

<b>Determinación de resultados mediante selección de pernos</b>		
<i>Área de esfuerzo a tracción</i>		
<b>Especificaciones</b>	<b>Ecuación</b>	<b>Resultado</b>
Sujeción Carcasa que conlleva poleas tipo cono	(4.23)	1,81mm <sup>2</sup>
<i>Esfuerzo cortante</i>		
<b>Especificaciones</b>	<b>Ecuación</b>	<b>Resultado</b>
Sujeción base de motor	(4.24)	4,34 × 10 <sup>5</sup> $\frac{N}{m^2}$
Sujeción sistema de elevación	(4.24)	5,32 × 10 <sup>5</sup> $\frac{N}{m^2}$

#### 5.1.4.2. Uniones permanentes

Para la selección del tipo de soldadura se acoge al tipo de material a soldar, para este caso se eligió el tipo de material de acero negro ASTM A36 como se detalló anteriormente ya que sus propiedades permiten acogerse a distintos tipos de soldadura acorde a la construcción que se pretende realizar, mostrando así en la tabla 5.20 los resultados obtenidos en resistencia del material de aporte, esfuerzo cortante y esfuerzo de tensión en el cuerpo.

**Tabla 5.20.** Detalle de cálculo en base a la selección del tipo de soldadura

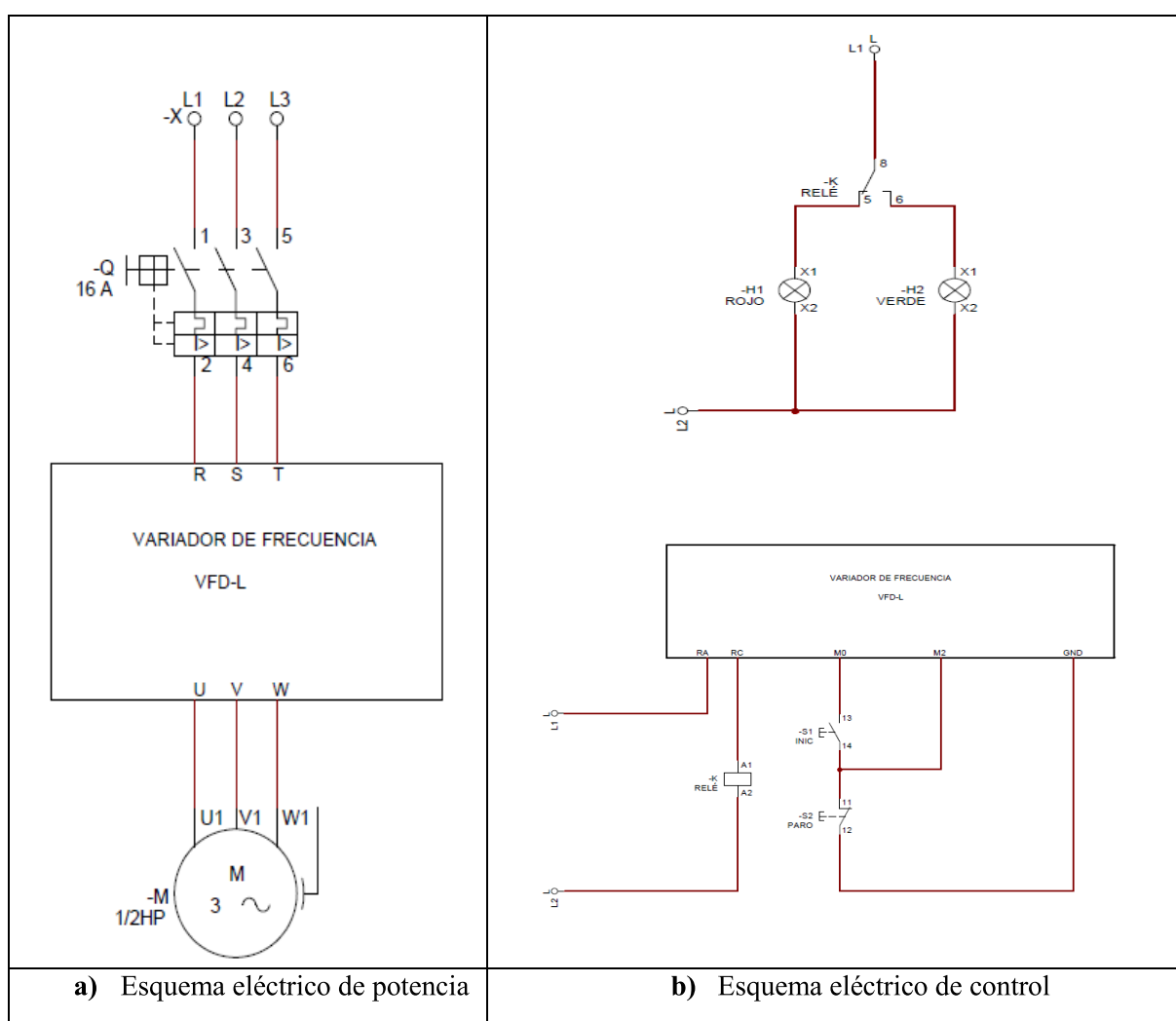
<b>Determinación de resultados mediante selección del tipo de soldadura y material de aporte</b>		
<b>Especificaciones</b>	<b>Ecuación</b>	<b>Resultado</b>
Cálculo de resistencia de material de aporte	(4.26)	21,6 Kpsi
Esfuerzo permisible	(4.27)	14,4 Kpsi
Esfuerzo cortante	(4.28)	9,03 Kpsi
Esfuerzo de tensión en el cuerpo de la unión	(4.29)	2,33 Kpsi
Donde $\sigma_{permisible} > \sigma$		

## 5.2. DISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO Y CONTROL DE MANDO

### 5.2.1. Sistema eléctrico

Para la implementación del sistema eléctrico en la máquina embaladora de cajas de cartón se consideró los elementos que la Empresa Casa Importaciones tubo a consideración prestar, ya que los beneficiaros de este proyecto resultan ser el propietario de dicha empresa y trabajadores de la misma para un mejor desempeño.

A continuación, se muestra el esquema eléctrico realizado de la máquina, utilizando los elementos de potencia y de mando detallados en el capítulo 4.



**Figura 5.3.** Esquema eléctrico de potencia y control de mando de la máquina

### *Aplicación y resultados de elementos electrónicos (Variador de frecuencia)*

La justificación de implementar un elemento eléctrico-electrónico (variador de frecuencia) al diseño eléctrico de la máquina, versa en el control de velocidad requerida a la entrada de nuestro motor, ya que necesariamente se debe obtener una velocidad de salida de 20 RPM. Al aplicarse

un motor de 1740 RPM y mediante el cálculo de la relación de transmisión de poleas se constató obtener una velocidad de salida demasiado elevada para un embalaje en cajas de cartón, lo cual fue necesario recurrir a la implementación de un variador de frecuencia de 1hp acoplado a un motor trifásico de 1/2 hp, ya que fue un requerimiento de la empresa Casa Importaciones utilizar los elementos necesarios de dicha empresa.

En la siguiente tabla 5.21, se detalla las velocidades requeridas mediante el uso del variador de frecuencia para el correcto funcionamiento de la máquina.

**Tabla 5.21.** Detalle de cálculo en base a la selección del tipo de soldadura

<b>Velocidad nominal del motor</b>	<b>Velocidad modificada con Variador de frecuencia</b>
1740 RPM	618,81 RPM

De esta manera se justifica la implementación del variador de frecuencia en el diseño de la máquina embaladora de cajas, ya que la velocidad de 618,81 RPM es la inicial requerida para el cálculo de la relación de transmisión de poleas y así obtener la velocidad final de 20 RPM requerida para el sistema de rotación que constituye en un embalaje de calidad, el procedimiento de cálculo se detalla en el **(Anexo III.1)**.

### **5.3. EFICIENCIA DE LA MÁQUINA Y ANÁLISIS DE RELACIÓN DE TIEMPO VS VOLUMEN PESO PARA EL EMBALAJE**

Mediante un análisis basado en horas de trabajo se determina el rendimiento promedio de la máquina ya que según el rendimiento de horario se detalla en la tabla 5.22.

**Tabla 5.22.** Análisis del rendimiento en horas de trabajo de la máquina

<b>Especificaciones</b>	<b>Datos</b>
8 horas de servicio	Rendimiento al 100%
5 horas de servicio	Rendimiento al 62,5%
Cajas por día	60 cajas embaladas
Días de trabajo por mes	28 (días)

#### ***Relación del tiempo vs volumen - peso***

A continuación, se detalla la relación en la tabla 5.23, entre las variables del tiempo vs volumen – peso de las cajas de cartón a embalar.

**Tabla 5.23.** Análisis del rendimiento en horas de trabajo de la máquina

<b>PESO</b>	<b>VOLUMEN</b>	<b>TIEMPO POR LADO</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
20 kg (peso máximo)	65cm -65cm	13(s)	Bobina 45cm altura 5vueltas de embalaje (3.5s velocidad constante)
10 kg	50cm-50cm	7(s)	Bobina 45cm altura 3 vueltas de embalaje (A los 3.4s velocidad constante)
8 kg	50cm-50cm	6.8(s)	Bobina 45cm altura 3 vueltas de embalaje (A los 3.s velocidad constante)
6 kg	65cm -65cm	12.8(s)	Bobina 45cm altura 5vueltas de embalaje (3.4s velocidad constante)
5 kg (peso mínimo)	65cm -65cm	12.7(s)	Bobina 45cm altura 5vueltas de embalaje (3.3s velocidad constante)

#### **5.4. PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE IMPACTO**

En el siguiente capítulo se realiza el análisis de costos económico e ingenieriles del diseño y construcción de la máquina embaladora de cajas para material ferretero en la empresa Casa Importaciones de la ciudad de Ambato, con el objetivo de detallar los recursos y elementos a implementarse en la construcción de la máquina.

También se detallará el consumo energético de la máquina embaladora de cajas mediante un análisis de costos de energía, en el cual se determina el costo a pagar por consumo en los 28 días.

##### ***Consumo energético de la máquina embaladora de cajas***

En la tabla 5.24 se detalla el consumo energético y monto a pagar por los 28 días de trabajo por mes.

**Tabla 5. 24.** Análisis del consumo energético de la máquina

Costo en Ecuador por Kw/h sector comercial	0.1014 \$
Consumo eléctrico del motor a plena carga ½ hp	0.37 KW
Horas de trabajo por día	5 horas
Consumo total	1.85 Kw/h
Precio de consumo por día	0.187\$
Precio a pagar por mes (28 días)	5.25\$

#### 5.4.1. Presupuesto

Es muy importante detallar que los materiales a utilizar para la máquina son de fácil adquisición en el mercado a diferentes costos, por ende, se toma en cuenta la contextura de la máquina y el trabajo que va a realizar para así determinar el tipo de material a utilizar.

##### *Elementos mecánicos*

En la siguiente tabla.5.25, se detalla los elementos mecánicos.

**Tabla 5.25.** Elementos mecánicos que constituyen la máquina

<b>Elementos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo (\$)</b>
Ángulo A36	5	55,00
Plancha de acero negro de 4mm de espesor	1	13,00
Electrodos E6011	8 (lb)	20,00
Pernos, rodela, tuercas	12	12,00
Poleas	3	30,00
Bandas de transmisión	3	23,00
Parte estructural perfiles, base	1	60,00
Rodamientos	15	52,00
Ejes	2	68,00
Chumaceras	2	14,00
Patas aislantes	1	5,00
Placas de la mesa	1	30,00
Pintura, thinner	1	12,00
<b>TOTAL</b>		<b>394,00</b>

##### *Elementos eléctricos-electrónicos*

En la siguiente tabla 5.26, se detallan los elementos eléctricos que constituyen el sistema de control y mando de la máquina.

**Tabla 5.26.** Elementos eléctricos que constituyen la máquina

<b>Elementos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo (\$)</b>
Motor trifásico	1	140,00
Variador de frecuencia	1	237,00
Luz piloto	2	7,20
Cable #10	6 (m)	9,00
Pulsadores N/A-N/C	2	12,00
<b>Total</b>		<b>405,20</b>

*Costos directos totales de los elementos que constituyen la máquina*

**Tabla 5.27.** Costos directos totales

<b>Detalle</b>	<b>Costo (\$)</b>
Elementos mecánicos	394,00
Elementos eléctricos	405,20
<b>TOTAL</b>	<b>799,20</b>

### *Costos de ingeniería*

Para el diseño y construcción de la máquina embaladora de cajas para material ferretero en la empresa Casa Importaciones de la ciudad de Ambato, se ha dedicado varias horas de trabajo, esmero y dedicación, tanto en diseño, ensamblaje, calibración y rectificación de errores, que se detallan en las siguientes tablas. Por ende, para determinar el costo de la hora de trabajo según el salario básico unificado (mínimo) en Ecuador publicado el 13 de diciembre del 2021 es de \$425,00 cuatrocientos veinticinco dólares con cero centavos americanos, posterior a ello se toma en cuenta el Código de Trabajo, donde menciona y esclarece que durante la semana deben cumplirse las 40 horas laborales, para realizar el cálculo correspondiente a los costos ingenieriles.

$$\#horas = 8 \text{ horas} \times 20 \text{ días}$$

$$\#horas = 160 \text{ horas}$$

$$\text{Costo} = \frac{425}{160} = 2,66\$ \text{ la hora}$$

**Tabla 5.28.** Costos de ingeniería

<b>N°- DE HORAS</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>VALOR UNITARIO</b>	<b>VALOR TOTAL</b>
65	Diseño de la estructura y máquina en general en el Software de simulación 3D Inventor.	2,66	172,90
20	Ensamble de la máquina.	2,66	53,20
25	Implementación de los elementos de la máquina como son los ejes, poleas, bandas, soportes y rodamientos.	2,66	66,50
50	Pruebas funcionales y rectificación de errores.	2,66	133
		<b>Total</b>	<b>425,60</b>

**Costos directos totales**

**Tabla 5.29.** Costos directos totales

<b>COSTOS DIRECTOS</b>	<b>COSTO (\$)</b>
Elementos mecánicos y eléctricos	799,20
<b>TOTAL</b>	<b>799,20</b>

**Costos indirectos totales**

**Tabla 5.30.** Costos indirectos totales

<b>COSTOS INDIRECTOS</b>	<b>COSTO (\$)</b>
Diseño de ingeniería	425,60
<b>TOTAL</b>	<b>425,60</b>

**Inversión total**

**Tabla 5.31.** Inversión total

Costos directos total	799,20
Costos indirectos total	425,60
<b>Total, valor máquina</b>	<b>1224,80</b>

#### **5.4.2. Análisis de impacto**

##### ***Impacto tecnológico***

Generado a raíz de la necesidad de una empresa de cambiar el sistema de embalajes manual por un sistema de embalaje mecánico de cajas de cartón para material ferretero, se implementó una máquina semiautomática que permite reducir tiempo en el sistema de embalaje, gracias a un mecanismo de poleas el cual transmite la velocidad y torque del motor hacia una mesa rotatoria de sentido horizontal, capaz de realizar la acción del movimiento de la caja y mediante un sistema manual de elevación vertical se realiza el proceso de embalaje de dicha caja, mediante este sistema de embalaje semiautomático se logra el objetivo de realizar un embalaje de calidad en cajas de cartón, y con la implementación de un variador de frecuencia se controla la velocidad del motor para obtener la velocidad requerida para el embalaje.

##### ***Impacto económico***

La implementación de la máquina embaladora de cajas en la empresa casa importaciones de la ciudad de Ambato, se considera en un bajo costo a comparación de otras máquinas en el mercado que realizan el mismo trabajo, ya que dicha máquina está constituida por elementos existentes en el mercado a un bajo costo, en el sentido de producción de embalajes es considerable a comparación de un sistema de embalado manual, ya que obtienen mayor producto embalado en menor tiempo, con los resultados obtenidos en las pruebas de campo se constata que un trabajador mediante el sistema de embalado manual demora alrededor de 1,5 minutos en embalar una cajas de cartón de  $275\text{cm}^3$  de volumen, mientras que por otro lado con la implementación de la máquina el operario tarda 13 s en embalar la misma caja.

##### ***Impacto ambiental***

Uno de los principales factores de la máquina a favor del medio ambiente es que no genera emisión de gases por ser una máquina eléctrica y no a combustión, por otro lado, la máquina no genera ruido excesivo al momento de entrar en funcionamiento y finalmente no contiene efecto invernadero, mejorando un estilo de vida laboral en los trabajadores y por ende en la empresa sin perjudicar al medio ambiente.

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1. CONCLUSIONES

- Se llegó a conocer las normas, códigos, ecuaciones y aspectos importantes que ayudarán a dimensionar correctamente cada uno de los elementos que constituyen al diseño y construcción de la máquina embaladora de cajas, así como también para la selección del tipo de acero se realizó mediante software de diseño el análisis de tensiones de Von Mises, dando como tensión máxima 29,46MPa, un desplazamiento máximo de 0,2402 mm y un factor de seguridad de 15, por ende el material ASTM A36 fue considerado el adecuado para la estructura donde se monta el sistema mecánico y eléctrico de dicha máquina.
- Mediante una investigación de campo a la empresa Casa Importaciones de la ciudad de Ambato y con la aplicación de distintas ecuaciones en base al sistema mecánico de la máquina, se determinó que la propuesta tecnológica es fiable para la implementación ya que los elementos que constituyen la máquina se seleccionan mediante catálogos y libros de aplicación de Ingeniería mecánica.
- Las dimensiones establecidas en los planos mediante la aplicación de la normativa INEN del código de dibujo técnico-mecánico, ayudaron a la correcta construcción de la estructura como al ensamblaje de piezas de un taladro pedestal acopladas a la máquina embaladora; además mediante la aplicación del software Inventor se determinó los esfuerzos mecánicos que están sometidos los sistemas de la máquina.
- Mediante el cálculo de la relación de transmisión del tren de poleas con la aplicación de la ecuación (4.2), se determinó una velocidad de salida requerida de 20 RPM para un embalaje de calidad en las cajas, lo cual fue necesaria la implementación de un variador de frecuencia marca DELTA que controle la velocidad del motor de 1740 RPM a 618,81 RPM, este elemento se encuentra instalado según las respectivas instrucciones del fabricante haciendo de esta manera que el sistema de embalaje sea funcional y seguro.
- Mediante pruebas de campo se determinó los resultados de la máquina tomando como referencia la caja de cartón de 20 kg de peso máximo establecido para el sistema de embalaje y  $275 \text{ cm}^3$  de volumen, el cual en relación del tiempo con un sistema de embalado manual un trabajador demora alrededor de 1,5 minutos en embalar unas cajas, mientras que por otro lado, con la implementación de la máquina el operario tarda 13 s en embalar la misma caja, este resultado varía de acuerdo al volumen de la caja pero con un mismo peso.

## **6.2. RECOMENDACIONES**

- Con la finalidad de precautelar la integridad de la máquina y del operador y adquirir buenos resultados en la práctica, se recomienda leer los manuales de la máquina y así tener pleno conocimiento del funcionamiento que está destinada a cumplir la máquina para evitar daños futuros.
- Es recomendable realizar un mantenimiento preventivo en el ajuste de las bandas ya que de eso depende la transmisión de fuerza y velocidad desde el motor hacia el plato giratorio donde va ubicada la caja para su embalaje.
- Se recomienda no realizar cambios de conexión en el variador de frecuencia empíricamente, se debe seguir la guía especificada en el manual del fabricante.
- Implementar un sistema de elevación vertical automático en caso de que la empresa vea necesario y si dispone del factor económico.
- Utilizar cajas de cartón que no superen los 20 kg de peso para la cual fue diseñada la máquina.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- [1] J. Toapanata, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO PARA UNA MÁQUINASEMIAUTOMÁTICA ENVOLVEDORA DE PALETS PORTÁTIL CON PLATAFORMA GIRATORIA Y SISTEMA DE SUJECCIÓN DEL FILM, Quito: Universidad Politecnica Salesiana, 2014.
- [2] L. Maylle, Máquina Automática para Embalar Pallets con Monitoreo EXSCADA, Lima: Universidad Peruana de Ciencias, 2007.
- [3] M. V. Daste, ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE EL MATERIAL STRETCH Y TERMOENCOGIBLE COMO MEJOR POSIBILIDAD DE MATERIAL DE, Santiago de Cali: Universidad Autónoma de Occidente, 2008.
- [4] E. J. Rodríguez Villarroel, Máquina automática para embalar, Lima, Peru: UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS, 2007.
- [5] J. C. T. TIPANTA, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO PARA UNA MÁQUINA, Quito: UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE QUITO, 2014.
- [6] Cintandina, FILM STRETCH Película estirable Aplicación en máquina, Colombia: Cali, Colombia, 2016.
- [7] C. K. P. ESPINOZA, EMPAQUES Y EMBALAJES, Estado de México: México, 2012.
- [8] J. S. A. B. P. P. S. T. S. T. D. M. P. L. EXPORTACIÓN., CONOCIMIENTO DEL EMBALAJE TERCIARIO EN LA FORMACIÓN, Guayaquil: UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL, 2018.
- [9] O. P. P. S.A., CATÁLOGO DE SOLUCIONES DE ENVOLVEDORAS DE TARIMAS, México, 2018.
- [10] V. S.A y C. CORPORATION, Soluciones de Embalajes, Saint Paul, Minnesota, USA, 2011.
- [11] A. L. C. Fantoni, Envase y Embalaje, la venta silenciosa, Madrid: ESIC EDITORIAL, 2003.

- [12] O. I. d. Trabajo, Seguridad y salud en la utilización de la maquinaria, Ginebra: Copyright © Organización Internacional del Trabajo, 2013.
- [13] S. E. d. N. (. (UNE) Normalización española, Servicio Ecuatoriano de Normalización, Ecuador, 2017.
- [14] ESAB, GUÍA DE ELECTRODOS PARA SOLDAR WEST ARCO, Suecia: 21, 2021.
- [15] C. S.A., Plásticos Protectores-Ficha-Técnica-ZZ-ROLLO-STRETCH-FILM, Panamá: Panamá.
- [16] J. K. N. Richard G. Budynas, Diseño en ingeniería mecánica de Shigley, México: Novena edición, 2012.
- [17] J. C. T. TIPANTA, «UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA,» Diciembre 2014. [En línea]. Available: [file:///C:/Users/Dell/Downloads/UPS-KT00876%20\(7\).pdf](file:///C:/Users/Dell/Downloads/UPS-KT00876%20(7).pdf). [Último acceso: 01 2022].
- [18] Material Mundial, «grados materiales mundiales,» 2022. [En línea]. Available: <https://www.materialmundial.com/acero-astm-a36-propiedades-ficha-tecnica-estructural/>. [Último acceso: 02 2022].
- [19] «nosoloherramientas,» 2000. [En línea]. Available: <https://nosoloherramientas.es/tipos-de-rodamientos/>.
- [20] D. R. A. BENITES, «DISEÑO Y CONTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PULIDORA DE TUBOS,» *UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA*.
- [21] S. T. S.L., «saditransmisiones.com,» 2022. [En línea]. Available: <https://saditransmisiones.com/tipos-poleas/>.
- [22] masvoltaje, «masvoltaje.com,» 27 04 2016. [En línea]. Available: <https://masvoltaje.com/blog/tipos-de-cables-electricos-que-existen-n12>. [Último acceso: 2022].
- [23] areatecnologia, «areatecnologia.com,» 3 2000. [En línea]. Available: <https://www.areatecnologia.com/electricidad/pulsador.html>. [Último acceso: 2022].

## **8. ANEXOS**

### **Anexos I .Fundamentación Teórica.**



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA**  
**INGENIERÍA Y APLICADAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA**

DATOS DEL PRODUCTO DE EMBALAJE		CÓDIGO	<b>ZZ-ROLLO-STRETCH</b> Detalle referencial 
Producto:	<b>Papel para embalar transparente stretch film 18"</b>		
Marca:	<b>Carbone</b>		
Material:	<b>Polietileno</b>	Elongación:	300 - 660 %
Ancho:	<b>18" / 450 mm</b>	Fuerza de Rasgadura:	120 - 250 gm
Largo:	<b>1050 pies / 322 m</b>	Resistencia al impacto:	85 gm
Grosor:	<b>15 µm (micrones)</b>	Transparencia:	>90% en ángulo de 45°
Diámetro de tubo central:	<b>77 mm</b>	Nivel de estiramiento:	>115 %
Resistencia a la tracción:	<b>19 - 23 MPa (megapascales)</b>	Temperatura de uso:	(-20°C ~ 80°C)
Procedencia:	<b>Importado</b>	<b>Descripción:</b> Papel para embalar transparente stretch film 18". Pertenece a los materiales de embalaje más usados en la industria y el negocio. Es una cinta plástica estirable, de alta transparencia y resistencia mecánica, haciéndola correcta para envolver o paletizar cualquier tipo de mercancía.	
Plásticos Protectores			
Propiedades físicas			
Material:	<b>Polietileno lineal de baja densidad (LLDPE). Polietileno de ultra baja densidad (ULDPE).</b>		

**Figura I.1** Ficha técnica sthesh film.

**Fuente:** [https://amcecuador.com/wp-content/uploads/2021/08/1002737-FormatNew-Stretch-Film-38Cm-X-20Mi-22kg-Ad2-Fullpack\\_compressed.pdf](https://amcecuador.com/wp-content/uploads/2021/08/1002737-FormatNew-Stretch-Film-38Cm-X-20Mi-22kg-Ad2-Fullpack_compressed.pdf)



## Ángulo de Acero ASTM A36



### ÁNGULO ESTRUCTURAL A36

Ángulo estructural de acero, es laminado en caliente (LAC), lados iguales forman ángulo recto con radios interiores suavizados, ideales para todas las aplicaciones estructurales, fabricación general y reparaciones.

Especificaciones: ASTM A36, AISI A36

Fácil de soldar, cortar, dar forma y maquinar. Longitud 6m.

Propiedades Mecánicas	Límite de Fluencia (kg/cm <sup>2</sup> ) mín.	2530
	Resistencia a la Tracción (kg/cm <sup>2</sup> )	4080-5620
	Alargamiento en 200 mm 2.0 mm, 2.5 mm, 3.0 mm, 1/8", 3/32", 4.5 mm y 3/16"	15.0% mínimo
	Alargamiento en 200 mm 6.0 mm	17.0% mínimo
	Alargamiento en 200 mm 1/4"	17.5% mínimo
	Alargamiento en 200 mm 5/16", 3/8" y 1/2"	20.0% mínimo

Lados		Espesor		Peso Teórico
mm	pulg	mm	pulg	Kg/6m
19 x 19	3/4" x 3/4"	2.0	5/64"	3.582
		2.5	3/32"	4.416
		3.0	1/8"	5.226
25 x 25	1" x 1"	3.0	1/8"	7.143
		4.5	3/16"	10.358
		6.0	1/4"	13.304
30 x 30	1 1/4" x 1 1/4"	3.0	1/8"	9.018
		4.5	3/16"	13.215
		6.0	1/4"	17.144
38 x 38	1 1/2" x 1 1/2"	3.0	1/8"	10.983
		4.5	3/16"	16.072
		6.0	1/4"	20.894
50 x 50	2" x 2"	3.0	1/8"	14.733
		4.5	3/16"	21.787
		6.0	1/4"	28.483
		8.0	5/16"	35.002
		9.5	3/8"	41.966
63 x 63	2 1/2" x 2 1/2"	4.5	3/16"	27.412
		6.0	1/4"	36.609
		8.0	5/16"	44.645
75 x 75	3" x 3"	9.5	3/8"	52.681
		4.5	3/16"	33.126
		6.0	1/4"	42.752
		8.0	5/16"	54.467
100 x 100	4" x 4"	9.5	3/8"	64.289
		12	1/2"	83.932
		6.0	1/4"	58.932
		8.0	5/16"	73.218
		9.5	3/8"	87.504
		12	1/2"	114.288

\* Equivalencias de conversión son aproximadas.

\* Fotos y datos referenciales. No aceptamos responsabilidad por usos incorrectos o mal interpretaciones de estos datos.

Figura I.2. Ficha técnica ángulo de acero A36

Fuente: <https://www.fiorellarepre.com.pe/FichaTecnica/601010.pdf>

**Anexos II. 4 Materiales y  
Métodos.**



**ANEXO II.1**

**Datos:**

Para el análisis se utiliza una fuerza de 166.1 (N).(tomado del peso máximo de diseño)

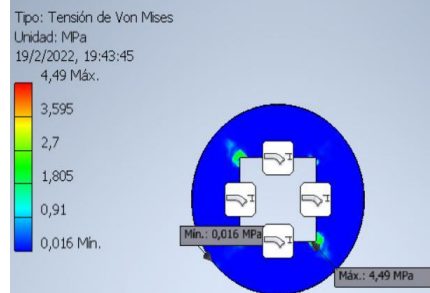
**Tabla I.1**carga máxima (para diseño)

Especificación	Peso (Kg)	Fuerza (N)
Carga máxima	20	196,10

Y un tamaño de diseño de 65cm de diámetro (diámetro máximo de cajas).

**Tensión de Von Mises**

Mediante la teoría de fallo de Von Mises el cual tiene un valor de 4.49 Máx y 0.016 Min.



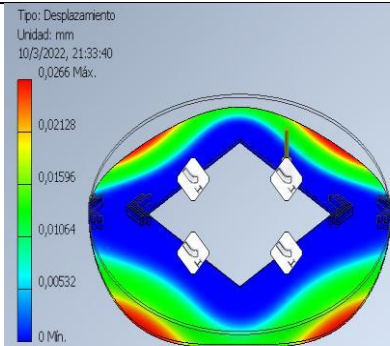
**Factor de Seguridad**

Mediante la simulación se aprecia el factor de seguridad el cual es de 15, lo que significa que soportara 15 veces el peso del diseño.



**Desplazamiento**

En el factor desplazamiento se observa que el valor de deformación en el plato es de 0.0266 Máx.







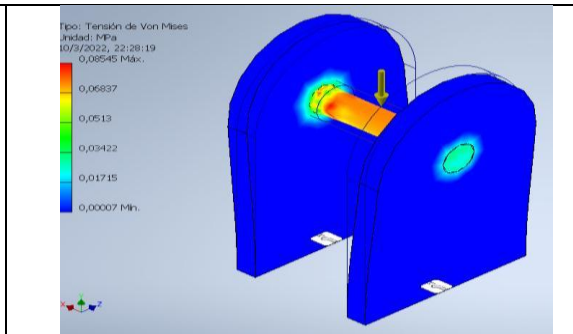
**ANEXO II.3**

**Análisis del soporte de la rueda de apoyo**

Para el diseño del soporte de las ruedas de apoyo se hace un análisis estructural mediante inventor el cual se toma como dato 52.47 Newton de la carga a soportar por rueda.

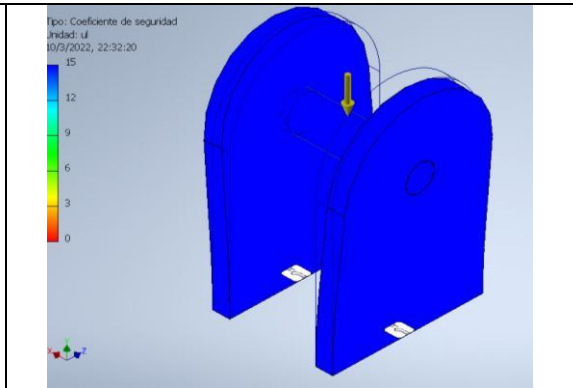
**Tensión de Von Mises**

Mediante la teoría de fallo de Von Mises el cual tiene un valor de 0,85 Máx y 0,00007 Min.



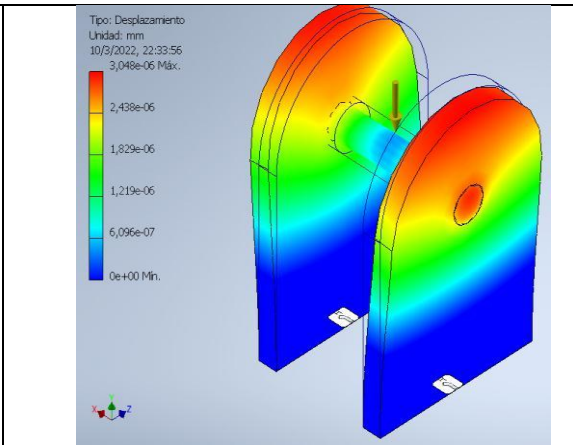
**Factor de Seguridad**

Mediante la simulación se aprecia el factor de seguridad el cual es de 15, lo que significa que soportara 15 veces el peso del diseño.



**Desplazamiento**

En el factor desplazamiento se observa que el valor de deformación en el plato es de  $3,04 \times 10^{-6}$  Máx.





ANEXO II.4

**Diámetros de las poleas para el cálculo de velocidad.**

Tabla II.3 diámetro de las poleas en pulgadas y milímetros

<b>Polea</b>	<b>Diámetro en pulgadas</b>	<b>Diámetro en milímetros</b>	<b>Diámetro en metros</b>	<b>Radio en metros</b>
<b>Polea 1</b>	2 in	50,8 mm	0,050	0,025
<b>Polea 2</b>	15 in	381mm	0,381	0,195
<b>Polea 3</b>	3 in	76,2mm	0,076	0,038
<b>Polea 4</b>	4 1/2 in	114,3 mm	0,114	0,057
<b>Polea 5</b>	2 in	50,8 mm	0,050	0,025
<b>Polea 6</b>	5 ½ in	139,7mm	0,139	0,065



## ANEXO II.5

### Elemento de rodadura para el porta bobinas

Para la selección de ruedas de apoyo se toma en cuenta el peso total aplicando.

Para la selección de ruedas de apoyo se toma en cuenta el peso total aplicando la ecuación (4.1)

$$C = \frac{2Kg + 0.535Kg}{4}$$

$$C = 0.63375 Kg$$

Para la selección de ruedas de apoyo se eligió 4 por lo cual la carga a soportar por elemento de rodadura es de 0.634 Kg a fuerza es 6.23 newton.

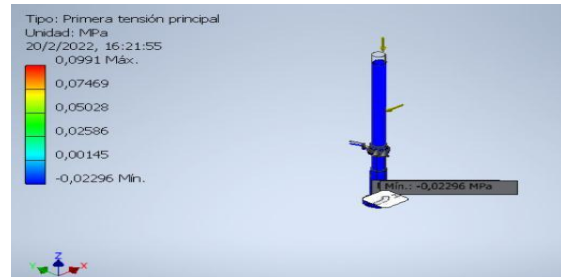
El cual para las dimensiones apropiadas y el tipo de eje es apropiado las rodaduras 6000-2RS

## ANEXO II.6

Análisis del porta bobinas

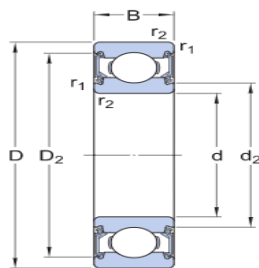
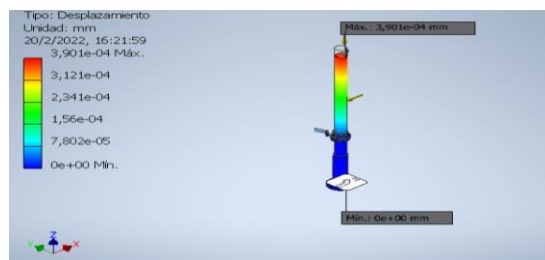
### Tensión de Von Mises

Mediante la teoría de fallo de Von Mises el cual tiene un valor de 0,0991Máx



### Desplazamiento

En el factor desplazamiento se observa que el valor de deformación en el plato es de  $3,90 \times 10^{-4}$  Máx.



### DIMENSIONES

d	10 mm	Diámetro del agujero
D	26 mm	Diámetro exterior
B	8 mm	Ancho
d <sub>2</sub>	≈ 12.55 mm	Diámetro del rebaje del aro interior (cara lateral mayor)
D <sub>2</sub>	≈ 22.6 mm	Diámetro del rebaje del resalte del aro exterior
r <sub>1,2</sub>	min. 0.3 mm	Dimensión del chaflán del aro exterior

Figura II 4 Elemento utilizado como Ruedas 6000-2RS

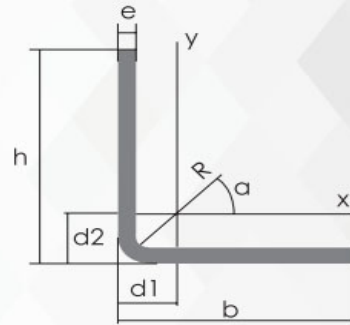
ANEXO II.7

**PERFILES ESTRUCTURALES**  
**ÁNGULOS "L" DOBLADO**

PERFILES

**Especificaciones Generales:**

<b>Norma:</b>	NTE INEN 1623
<b>Calidad:</b>	ASTM A36
<b>Largo Normal:</b>	6,00m y medidas especiales
<b>Espesores:</b>	Desde 2,00mm - 12mm
<b>Acabado:</b>	Acero Negro



Descripción	b	h	e	Masa	Área	d1	d2	Angulo a	Ángulos de alas iguales											
									Eje X - X			Eje Y - Y			Eje U - U			Eje V - V		
									Ix	Wx	rx	Iy	Wy	ry	Iu	Wu	ru	Iv	Wv	rv
mm	mm	mm	Kg/m	cm <sup>2</sup>	cm	cm	(°)	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm				
L 20x 2	20	20	2	0,57	0,73	0,60	0,60	45,00	0,28	0,20	0,62	0,28	0,20	0,62	0,46	0,32	0,79	0,10	0,14	0,37
L 20 x 3	20	20	3	0,81	1,03	0,65	0,65	45,00	0,38	0,28	0,60	0,38	0,28	0,60	0,63	0,45	0,78	0,12	0,17	0,34
L 25x 2	25	25	2	0,73	0,93	0,72	0,72	45,00	0,56	0,32	0,78	0,56	0,32	0,78	0,92	0,52	1,00	0,20	0,23	0,47
L 25x 3	25	25	3	1,05	1,33	0,78	0,78	45,00	0,78	0,45	0,77	0,78	0,45	0,77	1,30	0,74	0,99	0,26	0,30	0,45
L 30 x 2	30	30	2	0,88	1,13	0,85	0,85	45,00	1,00	0,46	0,94	1,00	0,46	0,94	1,63	0,77	1,20	0,37	0,35	0,57
L 30x 3	30	30	3	1,28	1,63	0,90	0,90	45,00	1,40	0,67	0,93	1,40	0,67	0,93	2,32	1,09	1,19	0,49	0,46	0,55
L 30x 4	30	30	4	1,65	2,10	0,95	0,95	45,00	1,76	0,86	0,91	1,76	0,86	0,91	2,93	1,38	1,18	0,58	0,55	0,52
L 40x 2	40	40	2	1,20	1,33	1,10	1,10	45,00	2,44	0,84	1,26	2,44	0,84	1,26	3,96	1,40	1,61	0,92	0,65	0,78
L 40x 3	40	40	3	1,75	2,23	1,15	1,15	45,00	3,49	1,22	1,25	3,49	1,22	1,25	5,71	2,02	1,60	1,27	0,90	0,75
L 40x 4	40	40	4	2,28	2,90	1,20	1,20	45,00	4,44	1,59	1,24	4,44	1,59	1,24	7,23	2,59	1,59	1,55	1,10	0,73
L 40x 5	40	40	5	2,77	3,54	1,25	1,25	45,00	5,29	1,92	1,22	5,29	1,92	1,22	8,80	3,11	1,58	1,77	1,25	0,71
L 50x 2	50	50	2	1,51	1,93	1,35	1,35	45,00	4,85	1,33	1,59	4,85	1,33	1,59	7,85	2,22	2,02	1,85	1,05	0,98
L 50x 3	50	50	3	2,22	2,83	1,40	1,40	45,00	7,01	1,95	1,57	7,01	1,95	1,57	11,42	3,23	2,01	2,61	1,47	0,96
L 50x 4	50	50	4	2,90	3,70	1,45	1,45	45,00	9,01	2,54	1,56	9,01	2,54	1,56	14,76	4,18	2,00	3,25	1,84	0,94
L 50x 5	50	50	5	3,56	4,54	1,50	1,50	45,00	10,84	3,10	1,55	10,84	3,10	1,55	17,89	5,06	1,99	3,79	2,14	0,91
L 60x 3	60	60	3	2,69	3,43	1,65	1,65	45,00	12,34	2,84	1,90	12,34	2,84	1,90	20,03	4,72	2,42	4,65	2,19	1,16
L 60x 4	60	60	4	3,53	4,50	1,70	1,70	45,00	15,96	3,71	1,70	15,96	3,71	1,70	26,04	6,14	2,40	5,88	2,77	1,14
L 60x 5	60	60	5	4,34	5,54	1,75	1,75	45,00	19,33	4,55	1,87	19,33	4,55	1,87	31,72	7,48	2,39	6,95	3,27	1,12
L 75x 3	75	75	3	3,40	4,33	2,02	2,02	45,00	24,55	4,48	2,38	24,55	4,48	2,38	39,72	7,49	3,03	9,38	3,53	1,47
L 75x 4	75	75	4	4,47	5,70	2,07	2,07	45,00	31,94	5,88	2,37	31,94	5,88	2,37	51,90	9,79	3,02	11,99	4,51	1,45
L 75x 5	75	75	5	5,52	7,04	2,12	2,12	45,00	38,96	7,24	2,35	38,96	7,24	2,35	63,56	11,99	3,01	14,35	5,40	1,43
L 75x 6	75	75	6	6,53	8,33	2,17	2,17	45,00	45,60	8,56	2,34	45,60	8,56	2,34	74,73	14,09	2,99	16,46	6,20	1,41
L 80x 4	80	80	4	4,79	6,10	2,20	2,20	45,00	39,00	6,72	2,53	39,00	6,72	2,53	63,30	11,19	3,22	14,70	5,19	1,55
L 80x 5	80	80	5	5,91	7,54	2,25	2,25	45,00	47,65	8,28	2,51	47,65	8,28	2,51	77,64	13,72	3,21	17,65	6,23	1,53
L 80x 6	80	80	6	7,00	8,93	2,30	2,30	45,00	55,86	9,79	2,50	55,86	9,79	2,50	91,39	16,16	3,20	20,32	7,17	1,51
L 80x 8	80	80	8	9,11	11,61	2,40	2,40	45,00	71,03	12,68	2,47	71,03	12,68	2,47	117,22	20,72	3,18	24,85	8,78	1,46
L 80x 10	80	80	10	11,09	14,14	2,50	2,50	45,00	94,59	15,39	2,45	94,59	15,39	2,45	140,84	24,90	3,16	28,34	10,04	1,42
L100x 5	100	100	5	7,48	9,54	2,75	2,75	45,00	95,23	13,13	3,16	95,23	13,13	3,16	154,55	21,86	4,03	35,90	10,13	1,94

Figura II 5 Catalogo de Perfiles Estructurales ángulos L doblado.

Fuente: <https://www.slideshare.net/JaviCaiza/catalogo-acero-dipac>

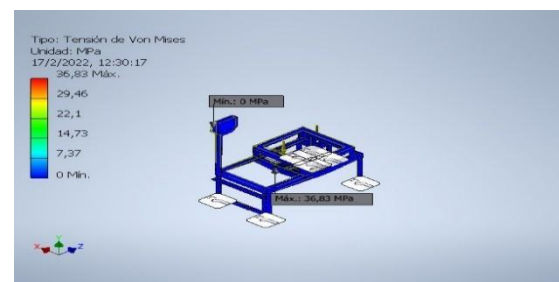
## Análisis de la estructura

Tabla II.4 Especificación para las fuerzas actuantes en la estructura

Especificación para las fuerzas actuantes en la parte central.	Peso	Fuerza
<b>Carga del Plato</b>	12.12 Kg	118.90 N
<b>Carga máxima</b>	20 Kg	196,10 N
<b>Total</b>	32,12 Kg	315 N
<b>Especificación para las fuerzas sistema de transmisión</b>	22,4 Kg	219,64 N
<b>Especificación para las fuerzas del porta bobinas</b>	11,3 Kg	110,82 N

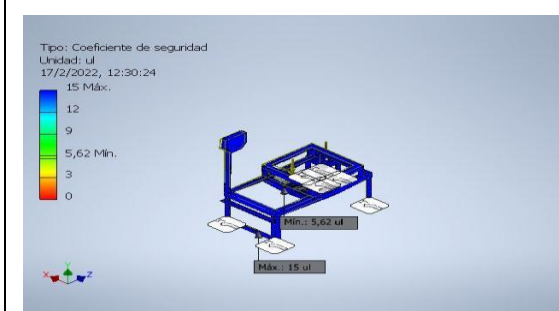
### Tensión de Von Mises

Mediante la teoría de fallo de Von Mises el cual tiene un valor de 36,83 Mpa



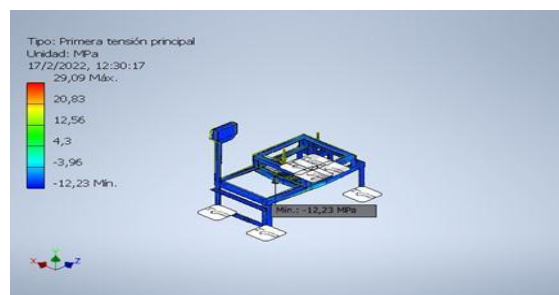
### Factor de Seguridad

Mediante la simulación se aprecia el factor de seguridad el cual es de 15, lo que significa que soportara 15 veces el peso del diseño.



### Desplazamiento

En el factor desplazamiento se observa que el valor de deformación es de 20,09 Mpa.





### Uniones no permanentes:

### Cálculo de los pernos de sujeción

Para obtener los pernos necesarios a implementar se partio de las fuerzas actuates :

Tabla II.5 Especificación para las fuerzas actuantes

Especificación para el cálculo parte base carcasa –estructura	Peso unidades	Fuerza
Especificación para las fuerzas sistema de trasmisión	22,4 Kg	219,64 N
Especificación para el cálculo parte motor–soporte motor	Peso unidades	Fuerza
Peso del motor	9 Kg	88,25
Especificación para el cálculo parte porte porta bobinas estructura	Peso unidades	Fuerza
Peso del poste porta bobinas	11,3Kg	110,82

El diseño del perno adopta la máxima resistencia a la tracción Sp, que es la tensión máxima que el perno puede soportar sin deformación permanente. para la mayoría de los grados de SAE, la resistencia a la tracción final es aproximadamente el 90% del límite elástico específico al 0,2% constante. Las características de resistencia de los pernos y los materiales (acero) se especifican de acuerdo con los grados o calidades especificadas por SAE, ASTM e ISO.


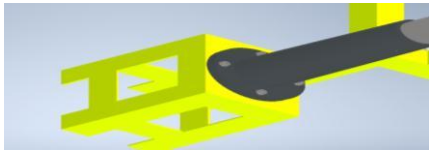
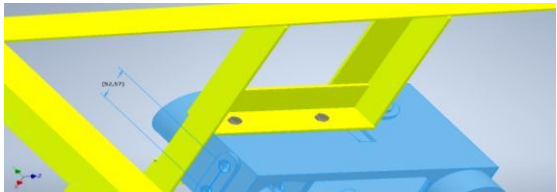
	motor–soporte motor	porte porta bobinas- estructura
		
<b>Cálculo de esfuerzo cortante del perno</b>	<p>Aplicando la ecuación (4.24)</p> $\tau = \frac{P}{A}$ $\tau = \frac{22.06N}{5,02 \times 10^{-5}m^2} = 4,34 \times 10^5$ <p>Área del tornillo</p> $A = \frac{\pi \times (D)^2}{4}$ $A = \frac{\pi \times (0.008m)^2}{4}$ $A = 5,02 \times 10^{-5}$	<p>Aplicando la ecuación (4.24)</p> $\tau = \frac{P}{A}$ $\tau = \frac{27,70N}{5,02 \times 10^{-5}m^2}$ $\tau = 5,32 \times 10^5 N/m^2$ <p>Área del tornillo</p> $A = \frac{\pi \times (D)^2}{4}$ $A = \frac{\pi \times (0.009m)^2}{4}$ $A = 5,02 \times 10^{-5}$
<b>Verificación del diámetro de los pernos que soporte</b>	<p>Se toma como referencia el factor de seguridad de la máquina, 1.3</p> <p>Área de montaje del motor</p> $A = \frac{F \times \text{factor de seguridad}}{\text{Esfuerzo cortante } (\tau)}$ $A = \frac{22,06N \times 1,3}{4,34 \times 10^5 N/m^2}$ $A = 6,60 \times 10^{-5}$ <p>Remplazando en ecuación del área del perno el (D)<sup>2</sup></p> $D^2 = \frac{4 \times A}{\pi}$ $D^2 = \frac{4 \times 5,02 \times 10^{-5}}{\pi}$ $D^2 = 0.000063m^2$ $D = \sqrt{0.000063}$ $D = 0.0079m$ $D = 8mm$	<p>Se toma como referencia el factor de seguridad de la máquina, 1.3</p> <p>Área de montaje del motor</p> $A = \frac{F \times \text{factor de seguridad}}{\text{Esfuerzo cortante } (\tau)}$ $A = \frac{22,06N \times 1,3}{5,32 \times 10^5 N/m^2}$ $A = 5,39 \times 10^{-5}$ <p>Remplazando en ecuación del área del perno el (D)<sup>2</sup></p> $D^2 = \frac{4 \times A}{\pi}$ $D^2 = \frac{4 \times 5,39 \times 10^{-5}}{\pi}$ $D^2 = 0.000068m^2$ $D = \sqrt{0.000068}$ $D = 0.0084m$ $D = 9mm$

Tabla II.4 Especificaciones SAE par pernos UNS de acero

Tabla 8.3 Especificaciones SAE para pernos UNS de acero.

Grado SAE	Intervalo de tamaños (Inclusive) (In)	Resistencia límite mínima a la tracción $S_p$ (ksi)	Resistencia de fluencia mínima a la tracción $S_y$ (ksi)	Resistencia última mínima a la tracción $S_u$ (ksi)	Características del acero
1	¼ a 1½	33	36	60	Medio o bajo carbono
2	¼ a ¾	55	57	74	Medio o bajo carbono
	7/8 a 1½	33	36	60	
4	¼ a 1½	65	100	115	Medio carbono estirado en frío
5	¼ a 1	85	92	120	Medio carbono templado y revenido
	1 1/8 a 1½	74	81	105	
5.2	¼ a 1	85	92	120	Martensítico de bajo carbono, templado y revenido
7	¼ a 1½	105	115	133	Aleado de medio carbono, templado y revenido
8	¼ a 1½	120	130	150	Aleado de medio carbono, templado y revenido
8.2	¼ a 1	120	130	150	Martensítico de bajo carbono, templado y revenido

Especificaciones	Calculos
	
Área de esfuerzo a tracción. Aplicando a ecuación (4.23)	$A_t = \left( \frac{6(415.94bf)pg^2}{130000} \right)^{\frac{2}{3}}$ $A_t = 0.0716pg^2 = 1.81mm^2$
Aplicando el factor de seguridad $n=3$	$A_t = 0.0716pg^2 \times 3$ $A_t = 0.214pg^2$
Cálculo de la longitud de la tuerca o parte roscada Aplicando a ecuación (4.24)	$L_T = 2d + 0.25plg$ $L_T = 2\left(\frac{3}{8}\right) + 0.25plg = 1plg = 25.4mm$
Cálculo de la fuerza de Apriete Aplicando a ecuación (4.25)	$S_i = 0.75 (120ksi)$ $S_i = 90ksi$



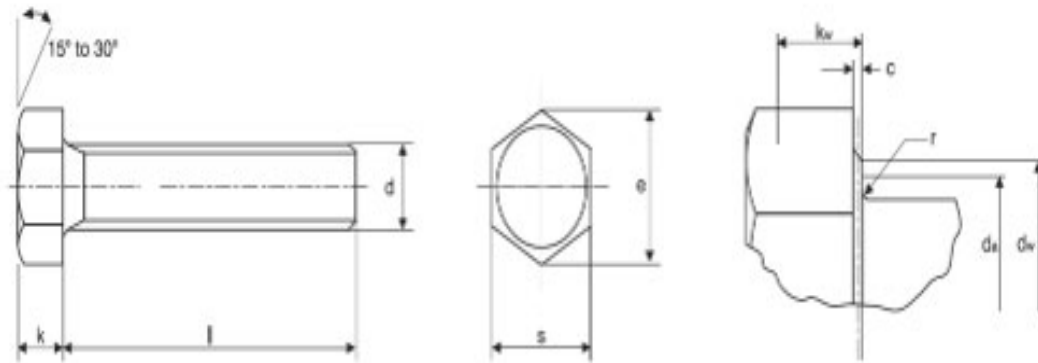
**TORNILLO DIN 961**

Producto 655996 Información del producto  
 Descripción D961 M 8 x 1 x 20 (8.8SIBICR)  
 Unidad Envase 200

**Características**

Referencia D961 M  
 Diámetro Rosca (mm) 8,00  
 Paso (mm) 1,00  
 Longitud (mm) 20,00  
 Calidad 8.8  
 Material St  
 Tratamiento BICR  
 Norma 961

Figura II 6 Características de los pernos DIN



Pernos de cabeza hexagonal milimétricos

Tamaño nominal e hilo	Paso del hilo p	Profundidad cara de la arandela c		Diámetro de transición da	Dia. cara de la arandela dw	Ancho a través de las esquinas e	Espesor de la cabeza k	Radio debajo de la cabeza r	Ancho a través de lados s	
		min.	max.						min.	max.
M10	1.50	0.15	0.6	11.20	14.47	17.59	6.40	0.4	15.57	16.00
M12	1.75	0.15	0.6	13.70	15.47	19.95	7.50	0.6	17.57	18.00
M14	2.00	0.15	0.6	15.70	19.15	22.78	8.80	0.6	20.16	21.00
M16	2.00	0.2	0.8	17.70	22.00	26.17	10.00	0.6	23.16	24.00
M18	2.50	0.2	0.8	20.20	24.85	29.56	11.50	0.6	26.16	27.00
M20	2.50	0.2	0.8	22.40	27.70	32.95	12.50	0.8	29.16	30.00
M22	2.50	0.2	0.8	24.40	31.95	37.29	14.00	0.8	33.00	34.00
M24	3.00	0.2	0.8	25.40	33.25	39.55	15.00	0.8	35.00	36.00
M27	3.00	0.2	0.8	30.40	38.00	45.20	17.00	1.0	40.00	41.00
M30	3.50	0.2	0.8	33.40	42.75	50.85	18.70	1.0	45.00	46.00
M33	3.50	0.2	0.8	36.40	46.55	55.37	21.00	1.0	49.00	50.00
M36	4.00	0.2	0.8	39.40	51.11	60.79	22.50	1.0	53.80	55.00
M39	4.00	0.3	1.0	42.40	55.86	66.44	25.00	1.0	58.80	60.00
M42	4.50	0.3	1.0	45.60	59.95	71.30	26.00	1.2	63.10	65.00
M45	4.50	0.3	1.0	48.60	64.70	76.95	28.00	1.2	68.10	70.00

Figura II 7 Catalogo de pernos DIN

Fuente: [https://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2014-04-24\\_02-53-1197196.pdf](https://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2014-04-24_02-53-1197196.pdf)



**ANEXO II.9**

**Soldadura**

Para realizar el cálculo de la soldadura se debe realizar el cálculo de peso total.

**Tabla II.5** peso total de la maquina embaladora ,cálculos de soldadura

Especificación	Peso unidades	fuerza
Peso de la carga	20 Kg	196.13 N
Peso de a máquina sobre la estructura	22.4 Kg	219.67 N
Peso de la placa a soldar	22,81 Kg	223.69 N
Total	65.21 Kg	634.49 N
Total	65.21 Kg	142.64 lbf

Especificación	Calculos
<b>Fuerza Soportante aplicando</b>	$F = 4.77 \frac{Kip}{plg} \times 15.6plg$ $F = 74.41 kip$ <p>De tal manera que: 18.60 &gt; 0.025 De forma que cumple con los parámetros</p>
<b>Cálculo de esfuerzo permisible</b>	<p>Aplicando la ecuación (4,27)</p> $\sigma_{permi} = 0.4S_y$ $\sigma_{permi} = 0.4(36Kpsi)$ $\sigma_{permi} = 14.4 kpsi$
<b>Cálculo de esfuerzo cortante</b>	<p>Aplicando la ecuación (4,28)</p> $\tau = \frac{25.6psi}{2(0.18plg \times 7.87plg)}$ $\tau = 9.03Kpsi$
<b>Cálculo de esfuerzo de tención en el cuerpo de la unión</b>	<p>Aplicando la ecuación (4,29)</p> $\sigma = \frac{25.6}{(0.126 \times 87plg)}$ $\sigma = 2.33 Kpsi$
<b>Esfuerzo permisible del material.</b>	<p>Aplicando la ecuación (4,26)</p> $\sigma_{permi} = 0.6(36)$ $\sigma_{permi} = 21.6Kpsi$ <p>Donde</p> $\sigma_{permi} > \sigma$



# GUÍA DE ELECTRODOS PARA SOLDAR WEST ARCO

WEST ARCO, cuenta con un metal de aporte para cada necesidad; en caso de no encontrar el indicado, consulte con nuestro departamento técnico ó en [www.westarco.com](http://www.westarco.com)

ac : Corriente Alterna  
dcep: Corriente directa electrodo al positivo  
dcn: Corriente directa electrodo al negativo

Especificación	Clasificación AWS	Nombre WEST ARCO	Diámetro mm (in)	Longitud (mm)	Amperaje recomendado (A)	Posición para soldar	Tipo de Corriente	Características y Aplicaciones	Composición Química Típica	Propiedades Mecánicas Típicas				
										Resistencia a la tracción ksi (MPa)	Límite de Fluencia ksi (MPa)	Elongación %	Resistencia impacto Charpy ranura en V <sup>1</sup>	
										T en °C	Resistencia al resaca (H)			
ELECTRODOS REVESTIDOS PARA SOLDAR ACEROS AL CARBONO (AWS A5.1)	E6010	XL 610	2.4 (3/32)	350	50-80	TODAS	dcep	Es un electrodo de alta penetración y rápida solidificación. Para soldar aceros de bajo carbono, lámina ordinaria y galvanizada, calderas, estructuras, tuberías de presión y acero fundido.		62 a 72 (427 - 496)	52 a 62 (359 - 427)	22 al 33	-29	27 a 100
			3.2 (1/8)	350	70-115									
			4.0 (5/32)	350	90-160									
			4.8 (3/16)	450	120-210									
	E6010	ZIP 10T	2.4 (3/32)	300	50-90	TODAS	dcep	Es un electrodo de muy buena penetración, con polvo de hierro, buena calidad radiográfica especialmente diseñado para oleoductos, gasoductos, construcciones navales, estructuras de acero y recipientes a presión principalmente.		62 a 72 (427 - 496)	52 a 62 (359 - 427)	22 al 33	-29	27 a 100
			3.2 (1/8)	350	70-120									
			4.0 (5/32)	350	90-155									
			4.8 (3/16)	350	120-180									
	E6011	ACP 611SS	2.4 (3/32)	300	50-80	TODAS	ac ó dcep	Se emplea para soldar todo tipo de aceros de bajo carbono en tuberías, estructuras, construcciones navales, recipientes a presión, etc., especialmente en pases de penetración. Adecuado para soldar lámina galvanizada		63 a 74 (434 - 510)	52 a 60 (359 - 413)	27 al 35	-29	27 a 100
			3.2 (1/8)	350	70-115									
4.0 (5/32)			350	90-160										
4.8 (3/16)			450	120-210										
E6013	SUPER SW 613	2.4 (3/32)	300	60-100	TODAS	ac, dcep ó dcn	Electrodo de tipo europeo de fácil manipulación, desarrollado para toda clase de soldaduras que requieren poca penetración. Se emplea para construcciones de acero en general, carpinterías metálicas con lámina delgada, fabricación de puertas, ventanas, rejas, ductos, ensamble de carrocerías y ornamentación en general.		60 a 74 (413 - 510)	48 a 62 (331 - 427)	22 al 28	20	40 a 110	
		3.2 (1/8)	350	90-130										
		4.0 (5/32)	350	120-160										
		4.8 (3/16)	450	170-210										
E6013	SW 613	2.4 (3/32)	300	50-90	TODAS	ac, dcep ó dcn	Carrocerías, muebles metálicos, ductos de aire acondicionado, rejas, ventanas y ornamentación en general.		60 a 74 (413 - 510)	48 a 65 (331 - 448)	22 al 29	20	50 a 110	
		3.2 (1/8)	350	80-120										
		4.0 (5/32)	350	110-160										
		4.8 (3/16)	450	170-210										
E7014	ZIP 14	2.4 (3/32)	350	70-110	TODAS	ac, dcep ó dcn	Electrodo de penetración media y alta tasa de deposición. Construcción de maquinaria, marcos de máquinas, implementos agrícolas, trabajos de ornamentación, tubería, recipientes de presión y sus accesorios. Equipos de ferrocarril, construcciones navales y soldadura de aceros estructurales.		70 a 80 (483 - 552)	58 a 68 (400 - 469)	22 al 28	20	50 a 100	
		3.2 (1/8)	350	110-150										
		4.0 (5/32)	350	120-200										
		4.8 (3/16)	450	175-275										
E7024	ZIP 24	3.2 (1/8)	350	140-180	PLAN Y VERTICAL EN FILETES	ac, dcep ó dcn	Electrodo para soldar en posición plana y horizontal con altísima tasa de deposición. Puentes y equipos pesados, equipo de construcción, implementos agrícolas, tanques de almacenamiento de petróleo y sus derivados, maquinaria de minería, carros de ferrocarril y construcción naval y en general para aceros de bajo contenido de carbono.		70 a 80 (483 - 552)	60 a 70 (414 - 483)	22 al 25	20	45 a 100	
		4.0 (5/32)	350	180-250										
		4.8 (3/16)	450	225-300										
		4.8 (3/16)	450	225-300										
E7018-1	WIZ 18	2.4 (3/32)	300	70-100	TODAS, excepto posiciones horizontales	ac ó dcep	Se utiliza para soldaduras de acero al carbono de hasta 70,000 psi de resistencia a la tracción, en aplicaciones en estructuras, tuberías y tanques a presión especialmente cuando se requiere alta resistencia al impacto a bajas temperaturas.	C: 0.05 - 0.10% Si: 0.35 - 0.50% S: ≤ 0.035% Mn: 1.20 - 1.50% P: ≤ 0.035%	70 a 80 (483 - 552)	58 a 70 (400 - 469)	22 al 36	-29	100	
		3.2 (1/8)	350	100-145										
		4.0 (5/32)	350	135-200										
		4.8 (3/16)	350	170-270										
E7018	WIZ 18 S	2.4 (3/32)	300	70-100	TODAS	ac ó dcep	Se utiliza para soldaduras de acero al carbono de hasta 70,000 psi de resistencia a la tracción, en aplicaciones en estructuras, tuberías y tanques a presión, calderas, vagones de ferrocarril, etc.	C: 0.05 - 0.10% Si: 0.40 - 0.65% S: ≤ 0.035% Mn: 1.00 - 1.40% P: ≤ 0.035%	72 a 84 (496 - 579)	62 a 72 (427 - 496)	24 al 36	-20	70	
		3.2 (1/8)	350	100-145										
		4.0 (5/32)	350	135-200										
		4.8 (3/16)	350	170-270										

Figura II 8 Guía de Electrodo para soldar West Arco

Número de electrodo AWS*	Resistencia a la tensión, kpsi (MPa)	Resistencia a la fluencia, kpsi (MPa)	Elongación porcentual
E60xx	62 (427)	50 (345)	17-25
E70xx	70 (482)	57 (393)	22
E80xx	80 (551)	67 (462)	19
E90xx	90 (620)	77 (531)	14-17
E100xx	100 (689)	87 (600)	13-16
E120xx	120 (827)	107 (737)	14

\*Sistema de numeración del código de especificaciones de la American Welding Society (AWS) para electrodos. En este sistema se usa como prefijo la letra E, en un sistema de numeración de cuatro o cinco dígitos en el cual los primeros dos o tres números designan la resistencia aproximada a la tensión. El último dígito incluye variables en la técnica de soldadura, como la fuente de corriente. El penúltimo dígito indica la posición de la soldadura, por ejemplo, plana, vertical o sobre la cabeza. El conjunto completo de especificaciones es cuando obtiene certificación de la AWS.

Figura II 9 soldadura en cordón para máquinas



ANEXO II.10

**Selección de Rodamientos**

Par la selección de rodamientos tenemos el siguiente procedimiento de SKF.

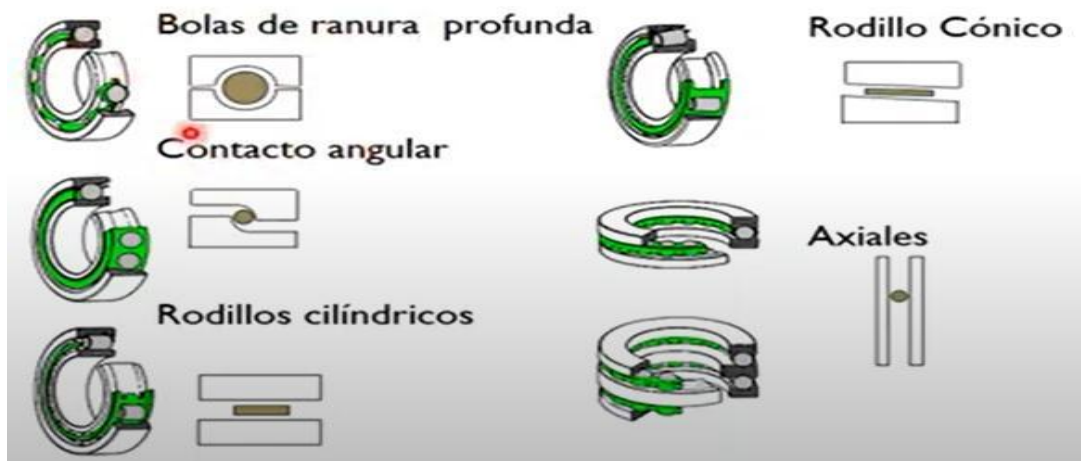
**Tabla II.6** procedimiento para la selección de rodamientos SKF

	Selección de rodamiento para el eje principal 1.1		Selección de rodamiento para el eje principal 1.2		Selección de rodamiento para la acople polea- eje 2 rodamientos	
	Especificaciones	dato	Especificaciones	dato	Especificaciones	dato
	Temperatura	40° (C)	Temperatura	40° (C)	Temperatura	40° (C)
	Rodamiento de bolas		Rodamiento de bolas		Rodamiento de bolas	
	Diámetro interior / exterior	25 [mm] 52 [mm]	Diámetro interior / exterior	17 [mm] 35 [mm]	Diámetro interior / exterior	25 [mm] 52 [mm]
	Velocidad de rotación	20 RPM	Velocidad de rotación	20 RPM	Velocidad de rotación	20 RPM
	Fuerza	Axial 60.13 N	Fuerza	Axial 60.13 N	Fuerza	Radial
	Contaminación	típica	Contaminación	típica	Contaminación	típica
<b>Tipo de rodamiento</b> ----- <b>Especificación</b>	Tipo de rodamiento (de bolas) Figura II,9  <b>Calculo.</b>		Tipo de rodamiento (de bolas) Figura II,9  <b>Calculo.</b>		Tipo de rodamiento (de bolas) Figura II,9  <b>Calculo.</b>	
<b>Lubricación</b> <b>Figura II.10</b>	$dm = 0.5(12 + 47)$ $dm = 29.5$		$dm = 0.5(17 + 35)$ $dm = 26$		$dm = 0.5(12 + 47)$ $dm = 29.5$	
Viscosidad nominal <b>Figura 11.10</b>	$200 \frac{mm^2}{s}$		$700 \frac{mm^2}{s}$		$200 \frac{mm^2}{s}$	
Temperatura de viscosidad	$68 \frac{mm^2}{s}$ <b>Figurall.11</b> (tipo de lubricante ) <b>ISO VG 68</b>		$220 \frac{mm^2}{s}$ <b>Figurall.11</b> (tipo de lubricante ) <b>ISO-VG 220</b>		$68 \frac{mm^2}{s}$ <b>Figurall.11</b> (tipo de lubricante ) <b>ISO VG 68</b>	
<b>Vida nominal básica</b> Horas de servicio dela	$l_{10h} = \frac{10^6}{60(20)} \left( \frac{14,8}{0,60} \right)^3$ $l_{10h} = 212'435,126.94$ $125'069,126.4 > 30000$		$l_{10h} = \frac{10^6}{60(20)} \left( \frac{6,37}{0,60N} \right)^3$ $l_{10h} = 212'435,126.94$ $997,720.4 > 30000$		$l_{10h} = \frac{10^6}{60(20)} \left( \frac{14,8}{0,295N} \right)^3$ $l_{10h} = 212'435,126.94$ $105'229,126.4 > 30000$	

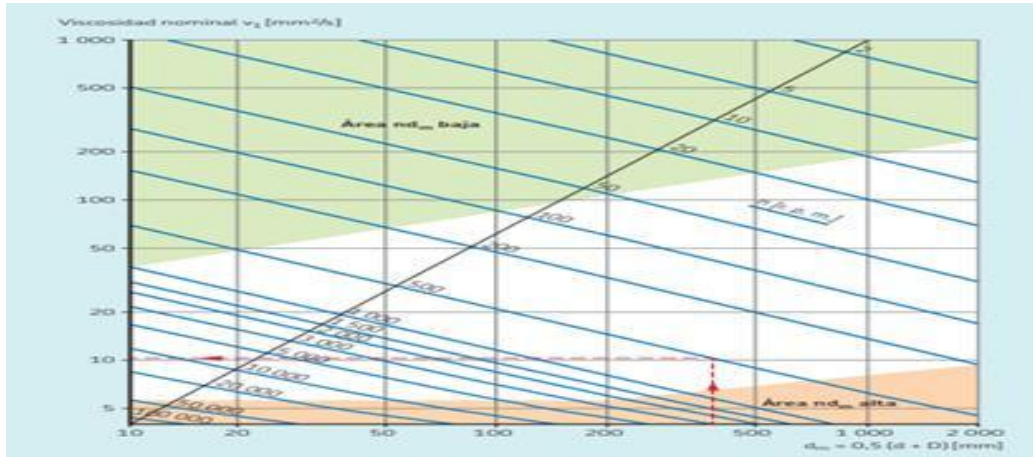
maquina <b>Figura II.12</b>			
Condiciones de lubricación	$K = \frac{68 \frac{mm^2}{s}}{200 \frac{mm^2}{s}}$ $K = 0,34$	$K = \frac{220 \frac{mm^2}{s}}{700 \frac{mm^2}{s}}$ $K = 0,28$	$K = \frac{68 \frac{mm^2}{s}}{200 \frac{mm^2}{s}}$ $K = 0,34$
Calculo de la fuerza radia	<p>V= factor de corrección (base condición de rotación)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Para giro arco interno =1</li> <li>Para giro de arco externo =1.2</li> </ul> <p>Aplicando la ecuación <b>¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.</b></p> $F_r = \frac{14,8KN}{1}$ $F_r = 15,8 KN$	<p>V= factor de corrección (base condición de rotación)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Para giro arco interno =1</li> <li>Para giro de arco externo =1.2</li> </ul> <p>Aplicando la ecuación <b>¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.</b></p> $F_r = \frac{6,37N}{1}$ $F_r = 6,37KN$	<p>V= factor de corrección (base condición de rotación)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Para giro arco interno =1</li> <li>Para giro de arco externo =1.2</li> </ul> <p>Aplicando la ecuación <b>¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.</b></p> $F_r = \frac{14,8N}{1}$ $F_r = 14,8 KN$

**Tabla II.6** selección de rodamientos.

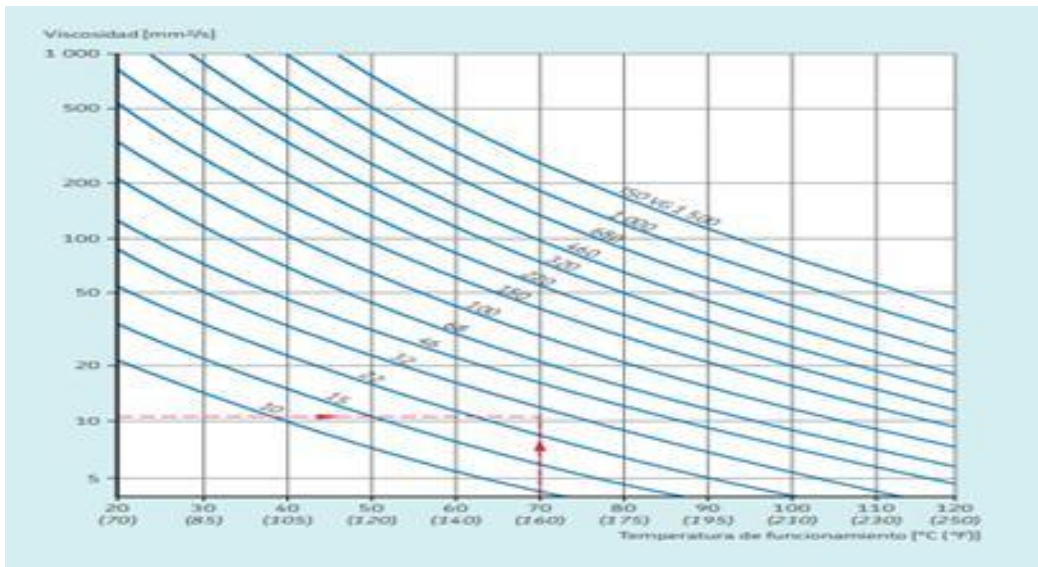
Especificación	Tipo de rodamiento	enumeración	
Chumacera	UCP	Chumacera Kp002	
Para el eje principal # 1	SKF	6002-2RS	
Para el eje principal parte superior #2	SKF	6205 -RS	<b>Figura II.14</b>
Para el eje principal #3	SKF	6203 -RS	<b>Figura II.15</b>
Para el eje principal #4	SKF	6005RS	<b>Figura II.14</b>



**Figura II 10** tipo de rodamientos



**Figura II 11** temperatura de viscosidad según los grados de viscosidad de iso



**Figura II.12** Viscosidad según temperatura de funcionamiento

Guía de valores requeridos de vida nominal L10h para diferentes clases de máquinas	
Clases de máquinas	L10h horas de servicio
Electrodomésticos, máquinas agrícolas, instrumentos, aparatos para uso médico.	300 a 3 000
Máquinas usadas intermitente o por cortos períodos: Máquinas-herramienta portátiles, aparatos elevadores para talleres, máquinas para la construcción.	3 000 a 8 000
Máquinas para trabajar con alta fiabilidad de funcionamiento por cortos períodos o intermitentemente: Ascensores, grúas para mercancías embaladas.	8 000 a 12 000
Máquinas para 8 horas de trabajo diario no totalmente utilizadas: Transmisiones por engranajes para uso general, motores eléctricos para uso industrial, machacadoras giratorias.	10 000 a 25 000
Máquinas para 8 horas de trabajo diario totalmente utilizadas: Máquinas-herramientas, máquinas para trabajar la madera, máquinas para la industria mecánica general, grúas para materiales a granel, ventiladores, cintas.	20 000 a 30 000

**Figura II 13** Horas de servicio de una maquina

**Tabla 3**

**Clasificación de viscosidad de acuerdo con la norma ISO 3448**

Grado de viscosidad	Viscosidad cinemática limite a 40 °C		
	media	min.	máx.
	mm <sup>2</sup> /s		
ISO VG 2	2,2	1,98	2,42
ISO VG 3	3,2	2,88	3,52
ISO VG 5	4,6	4,14	5,06
ISO VG 7	6,8	6,12	7,48
ISO VG 10	10	9,00	11,0
ISO VG 15	15	13,5	16,5
ISO VG 22	22	19,8	24,2
ISO VG 32	32	28,8	35,2
ISO VG 46	46	41,4	50,6
ISO VG 68	68	61,2	74,8
ISO VG 100	100	90,0	110
ISO VG 150	150	135	165
ISO VG 220	220	198	242
ISO VG 320	320	288	352
ISO VG 460	460	414	506
ISO VG 680	680	612	748
ISO VG 1 000	1 000	900	1 100
ISO VG 1 500	1 500	1 350	1 650

**Figura II 14** Clasificación de viscosidad de acuerdo con la norma ISO 3448

Dimensiones principales			Capacidad de carga básica		Carga limite de fatiga	Velocidades nominales	Masa	Designaciones		
d	D	B	dinámica C	estática C <sub>0</sub>	P <sub>u</sub>	Velocidad de referencia	Velocidad limite <sup>1)</sup>	Rodamiento abierto o tapado en ambos lados	tapado en un lado <sup>1)</sup>	
mm			kN		kN	r. p. m.	kg	-		
25	37	7	4,36	2,6	0,125	-	11 000	0,022	▶ 61805-2RS1	-
	37	7	4,36	2,6	0,125	38 000	19 000	0,022	▶ 61805-2RZ	-
	37	7	4,36	2,6	0,125	38 000	24 000	0,022	▶ 61805	-
	42	9	7,02	4,3	0,193	-	10 000	0,045	▶ 61905-2RS1	-
	42	9	7,02	4,3	0,193	36 000	18 000	0,045	▶ 61905-2RZ	-
	42	9	7,02	4,3	0,193	36 000	22 000	0,045	▶ 61905	-
	47	8	8,06	4,75	0,212	32 000	20 000	0,055	▶ 16005	-
	47	12	11,9	6,55	0,275	32 000	20 000	0,078	▶ 6005	-
	47	12	11,9	6,55	0,275	-	9 500	0,081	▶ 6005-2RSH	6005-RSH
	47	12	11,9	6,55	0,275	32 000	16 000	0,08	▶ 6005-2RSL	6005-RSL
	47	12	11,9	6,55	0,275	32 000	16 000	0,083	▶ 6005-2Z	6005-Z
	47	16	11,2	6,55	0,275	-	9 500	0,11	▶ 63005-2RS1	-
52	15	14,8	7,8	0,335	28 000	18 000	0,13	▶ 6205	-	
	15	14,8	7,8	0,335	-	8 500	0,13	▶ 6205-2RSH	6205-RSH	
	15	14,8	7,8	0,335	28 000	14 000	0,13	▶ 6205-2RSL	6205-RSL	

**Figura II 15** Rodamiento 6205 RS

Dimensiones principales			Capacidad de carga básica		Carga limite de fatiga	Velocidades nominales	Masa	Designaciones			
d	D	B	dinámica C	estática C <sub>0</sub>	P <sub>u</sub>	Velocidad de referencia	Velocidad limite <sup>1)</sup>	Rodamiento abierto o tapado en ambos lados	tapado en un lado <sup>1)</sup>		
mm			kN		kN	r. p. m.	kg	-			
15	32	9	5,85	2,85	0,12	50 000	26 000	0,032	▶ 6002-2Z	6002-Z	
	cont.	32	13	5,59	2,85	0,12	-	14 000	0,039	▶ 63002-2RS1	-
	35	11	8,06	3,75	0,16	43 000	28 000	0,045	▶ 6202	-	
	35	11	8,06	3,75	0,16	-	13 000	0,046	▶ 6202-2RSH	6202-RSH	
	35	11	8,06	3,75	0,16	43 000	22 000	0,046	▶ 6202-2RSL	6202-RSL	
	35	11	8,06	3,75	0,16	43 000	22 000	0,046	▶ 6202-2Z	6202-Z	
	35	14	7,8	3,75	0,16	-	13 000	0,054	▶ 62002-2RS1	-	
	42	13	11,9	5,4	0,228	38 000	24 000	0,082	▶ 6302	-	
	42	13	11,9	5,4	0,228	-	12 000	0,085	▶ 6302-2RSH	6302-RSH	
	42	13	11,9	5,4	0,228	38 000	19 000	0,085	▶ 6302-2RSL	6302-RSL	
	42	13	11,9	5,4	0,228	38 000	19 000	0,086	▶ 6302-2Z	6302-Z	
	42	17	11,4	5,4	0,228	-	12 000	0,11	▶ 62302-2RS1	-	
52	7	4,49	3,75	0,16	-	7 500	0,034	▶ 61808-2RS1	-		
17	26	5	2,03	1,27	0,054	-	16 000	0,0582	▶ 61803-2RS1	-	
	26	5	2,03	1,27	0,054	56 000	28 000	0,0582	▶ 61803-2RZ	-	
	26	5	2,03	1,27	0,054	56 000	28 000	0,0582	▶ 61803-2Z	-	
	26	5	2,03	1,27	0,054	56 000	34 000	0,0575	▶ 61803	-	
	30	7	4,62	2,55	0,108	-	14 000	0,017	▶ 61903-2RS1	-	
	30	7	4,62	2,55	0,108	50 000	26 000	0,017	▶ 61903-2Z	-	
	30	7	4,62	2,55	0,108	50 000	32 000	0,016	▶ 61903	-	
	35	8	6,37	3,25	0,137	45 000	22 000	0,032	▶ 63003-2Z	-	
	35	8	6,37	3,25	0,137	45 000	28 000	0,031	▶ 64003	-	
	35	10	6,37	3,25	0,137	45 000	28 000	0,038	▶ 6503	-	

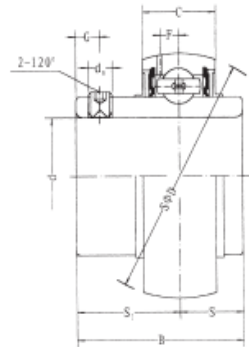
**Figura II.16** Rodamiento 6203 RS



ANEXO II.11

Chumaseras

UC 2 Series



Bearing Inserts

Bearing No.	Dimensions <sup>mm</sup> / <sub>inch</sub>									Basic Load Rating (N)		Weight (kg)
	d	D	B	C	S	S <sub>1</sub>	G	d <sub>0</sub>	F	Dynamic	Static	
*UC 201	12	47	31	17	12.7	18.3	4.8	M6 x 1	3.7	9880	6200	0.20
*UC 201-8	3/8	1.8504	1.2205	0.6693	0.500	0.720	0.189	1/4-28UNF	0.146			0.19
*UC 202	15	47	31	17	12.7	18.3	4.8	M6 x 1	3.7	9880	6200	0.19
*UC 202-8	9/16	1.8504	1.2205	0.6693	0.500	0.720	0.189	1/4-28UNF	0.146			0.19
*UC 202-10	5/8											0.19
*UC 203	17	47	31	17	12.7	18.3	4.8	M6 x 1	3.7	9800	6200	0.18
*UC 203-11	1 1/16	1.8504	1.2205	0.6693	0.500	0.720	0.189	1/4-28UNF	0.146			0.17
*UC 204	20	47	31	17	12.7	18.3	4.8	M6 x 1	3.7	9800	6200	0.16
*UC 204-12	3/4	1.8504	1.2205	0.6693	0.500	0.720	0.189	1/4-28UNF	0.146			0.16
*UC 205	25	52	34.1	17	14.3	19.8	5	M6 x 1	3.9			0.20
*UC 205-13	1 3/16											0.24
*UC 205-14	7/8	2.00472	1.3425	0.6693	0.563	0.780	0.197	1/4-28UNF	0.154	10780	6980	0.23
*UC 205-15	15/16											0.21
*UC 205-16	1											0.20
*UC 206	30	62	38.1	19	15.9	22.2	5	M6 x 1	5.0			0.32
*UC 206-17	1-1/16											0.33
*UC 206-18	1-1/8	2.4409	1.5000	0.7480	0.626	0.874	0.197	1/4-28UNF	0.197	14970	10040	0.34
*UC 206-19	1-7/16											0.32
*UC 206-20	1-1/2											0.31

Figura II.17 UC 2 chumaceras

Bearing Unit / Insert	Bearing	Matching Table				
		Housing	UC	UK	NA	SA
	P	UCP	UKP	NAP	SAP	SBP
	F	UCF	UKF	NAF	SAF	SBF
	FL	UCFL	UKFL	NAFL	SAFL	SBFL
	T	UCT	UKT	NAT	SAT	SBT
	FC	UCFC	UKFC	NAFC	SAFC	SBFC
	PH	UCPH	UKPH	NAPH	SAPH	SBPH
	PA	UCPA	UKPA	NAPA	SAPA	SBPA
	HA	UCHA	UKHA	NAHA		
	FB	UCFB	UKFB	NAFB		
	FA	UCFA	UKFA	NAFA		
	C	UCC	UKC	NAC	SAC	SBC
	LP				SALP	SBLP
	FL				SALF	SBLF

Figura II.18 Tipo de chumacera según los requerimientos de diseño

21.1  


Dimensiones principales			Capacidad de carga básica		Carga límite de fatiga $P_u$	Velocidades nominales		Masa	Designación
d	D	B	dinámica C	estática $C_0$		Velocidad de referencia	Velocidad límite		
mm			kN		kN	r. p. m.		kg	—
5	16	5	1,14	0,38	0,016	125 000	67 000	0,005	▶ 625-2RZTN9/HC5C3WTF1
6	19	6	2,34	0,95	0,04	100 000	45 000	0,008	626-2RSLTN9/HC5C3WTF1
7	19	6	2,34	0,95	0,04	100 000	45 000	0,007	▶ 607-2RSLTN9/HC5C3WTF1
	22	7	3,45	1,37	0,057	85 000	40 000	0,012	▶ 627-2RSLTN9/HC5C3WTF1
8	22	7	3,45	1,37	0,057	85 000	40 000	0,01	▶ 608-2RSLTN9/HC5C3WTF1
10	26	8	4,75	1,96	0,083	70 000	32 000	0,018	▶ 6000-2RSLTN9/HC5C3WT
	26	8	4,75	1,96	0,083	70 000	45 000	0,019	6000/HC5C3
	30	9	5,4	2,36	0,1	65 000	30 000	0,032	▶ 6200-2RSLTN9/HC5C3WT
12	30	9	5,4	2,36	0,1	65 000	40 000	0,032	6200/HC5C3
	28	8	5,4	2,36	0,1	65 000	30 000	0,022	▶ 6001-2RSLTN9/HC5C3WT
	28	8	5,4	2,36	0,1	65 000	40 000	0,021	6001/HC5C3
	32	10	7,28	3,1	0,132	60 000	26 000	0,037	▶ 6201-2RSLTN9/HC5C3WT
15	32	10	7,28	3,1	0,132	60 000	36 000	0,037	6201/HC5C3
	32	9	5,85	2,85	0,12	56 000	24 000	0,03	▶ 6002-2RSLTN9/HC5C3WT
	32	9	5,85	2,85	0,12	56 000	34 000	0,03	6002/HC5C3
15	32	9	5,85	2,85	0,12	56 000	34 000	0,03	▶ 6202-2RSLTN9/HC5C3WT
	35	11	8,06	3,75	0,16	50 000	22 000	0,044	6202-2RSLTN9/HC5C3WT

Figura II.19 Tipo de rodamiento para el eje de las poleas 2-3

Tipo	Factor de seguridad.	Aplicación
1	$N = 1.25 \rightarrow 1.5$	Materiales muy fiables en piezas sujetas a condiciones de carga muy precisas, con sistemas de conformación y supervisión óptimos.
2	$N = 1.5 \rightarrow 2$	Materiales bien conocidos, en piezas en condiciones de cargas y ambientes razonablemente constante, sujetas a cargas bien determinadas.
3	$N = 2 \rightarrow 2.5$	Para la mayoría de materiales, en piezas en condiciones de trabajo normales, sujetas a cargas bien determinadas.
4	$N = 3 \rightarrow 4$	Para materiales no bien controlados, bajo un amplio abanico de cargas y condiciones exteriores, con tensiones calculadas no demasiadas precisas.
5	$N = 3 \rightarrow 4$	Para buenos materiales, en piezas sometidas a cargas imprecisas, o en casos de tensiones no bien determinadas.

Figura II.20 Tabla de factor de seguridad

Fuente: <http://www.mdsolids.com>



ANEXO II.12

**Selección de anillos seeger**

Es un anillo elástico utilizados para situar y bloquear un gorrón en el interior de un agujero de un eje. Con la finalidad de ser descontado fácilmente, sus características físicas son una corona circular interrumpida, en los bordes se encuentra aletas dotadas con 2 agujeros, por el cual se introduce la herramienta para su manipulación al implementar o retirar estos elementos.

A través de la tabla de anillos seeger para ejes con normativa **DIN 471** seleccionamos un anillo seguridad con un diámetro establecido de 13 mm

Med. Nom.		ANILLO					RANURA		
d1	s h 11	d1	Tolerancia d3	g =	g =	sB Min.	d2	Tolerancia d2	m Min.
3	0,4	2,7		1,8	0,8		2,8		0,50
4		3,7	+0,04	2,2	0,9	1,0	3,8	-0,04	
5	0,5	4,7	-0,15	2,5	1,1		4,8		0,70
6	0,7	5,6		2,7	1,3		5,7		0,85
7		6,5	+0,06	3,1	1,4	1,2	6,7	-0,06	
8	0,8	7,4	-0,15	3,2	1,5		7,8		0,90
9		8,4			1,7		8,8		
10		9,3		3,3	1,8	1,5	9,8		
11		10,2					10,5		
12		11,0					11,5		
13	1,0	11,9	+0,10	3,4	2,0		12,4	-0,11	1,10
14		12,8	-0,35	3,5	2,1	1,7	13,4		
15		13,6		3,6	2,2		14,3		
16		14,7		3,7	2,2		15,2		
17		15,7		3,8	2,3		16,2		
18		16,6		3,9	2,4		17,0		
19		17,6		4,0	2,5		18,0		
20		18,5		4,0	2,6		19,0		
21		19,5	+0,13	4,1	2,7		20,0	-0,15	1,30
22	1,2	20,5	-0,42	4,2	2,8		21,0		
23		21,5		4,3	2,9		22,0		
24		22,2		4,4	3,0	2,0	22,8		
25		23,2					23,9		
26		24,2		4,5	3,1		24,9		
27		24,8	+0,21	4,6	3,2		25,8	-0,21	
28		25,8	-0,42	4,7	3,2		26,6		
29		26,9		4,8	3,3		27,6		
30		27,9		5,0	3,4		28,6		
31		28,6			3,5		29,3		
32	1,5	29,6		5,2	3,6		30,3		1,60
33		30,5			3,7		31,3		
34		31,5		5,4	3,8	2,5	32,3	-0,25	
35		32,2	+0,25	5,5	3,9		33,0		
36		33,2	-0,50		4,0		34,0		
37	1,75	34,2		5,7	4,1		35,0		1,85
38		35,2		5,8	4,2		36,0		

RULEMANES DE MAYO – Av. De Mayo 989 – V. Adetina (1607) – Teléfax 4765-1830 -  
www.rulemanesdemayo.com.ar - info@rulemanesdemayo.com.ar

Figura II.21 Selección de anillos seeger



ANEXO II.13

Variador de frecuencia



Figura II.22 Variador de frecuencia

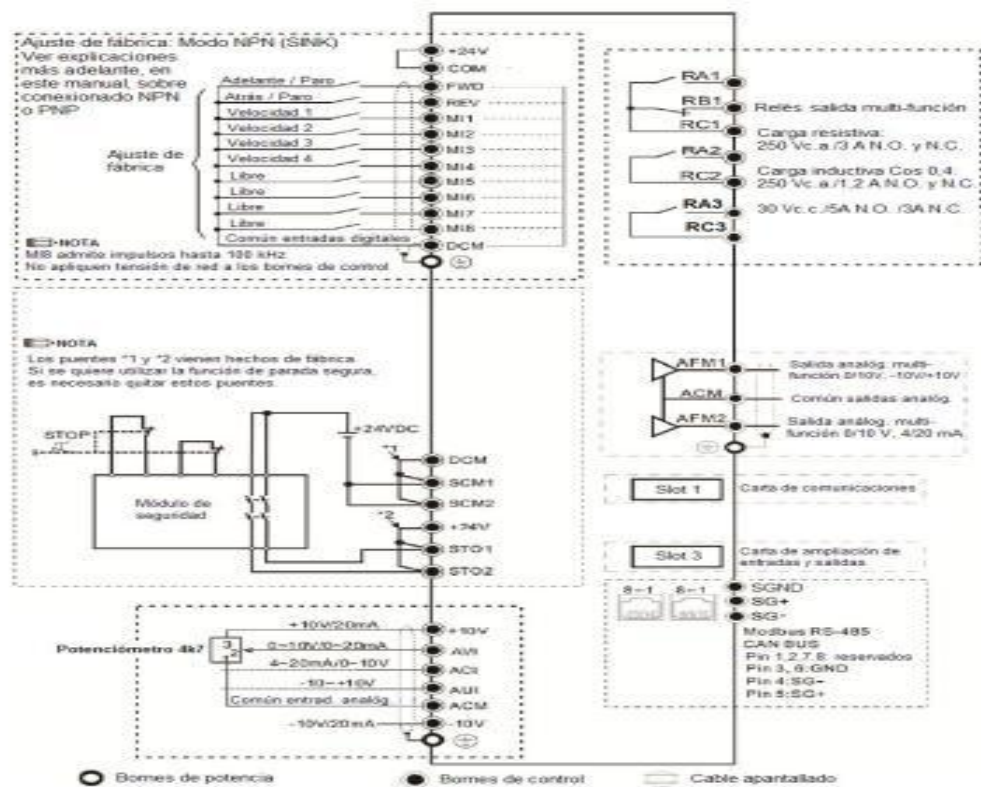


Figura II.23 Variador de frecuencia

**Anexos III .Análisis de  
resultados.**

**ANEXO III.1**



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA**  
**INGENIERÍA Y APLICADAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**



Ingeniería  
Electromecánica

**Velocidades de las poleas.**

Remplazando datos en la ecuación Ec. (4.4) se obtiene la relación de transmisión.

$$i = \frac{50,8 \text{ (mm)}}{381 \text{ (mm)}} \cdot \frac{76,2 \text{ (mm)}}{104,3 \text{ (mm)}} \cdot \frac{50,8 \text{ (mm)}}{139,7 \text{ (mm)}} = 0.03232$$

Para el análisis de la relación de velocidad partimos de la velocidad requerida para.

**Tabla III.1** velocidades y torque en las poleas

Especificaciones	Velocidad en cada polea partiendo de la velocidad del motor 1740 RPM Aplicación ecuación $v = \omega \cdot r$ No se encuentra el origen de la referencia.	Para la relación de transmisión se toma en cuenta la velocidad requerida ecuación (4.4) $n_6 = n_1 \cdot i$ $20 = n_1 \times 0,03232$ $n_1 = 618,81 \text{ RPM}$ Velocidad en cada polea aplicando la velocidad requerida Aplicación ecuación (4.9).	Torque en cada polea	
Polea 1	$V_1 = 1740 \text{ RPM}$	$V_1 = 618,81 \text{ RPM}$	Para el cálculo del torque se aplica la ecuación (4.5) $T = \frac{P \times (5252)}{v} = \frac{1/2 \text{ HP} \times 5252}{618,81}$ $= 4,24 \text{ lb. ft} = 5,74 \text{ Nm}$	
polea 2-3	$V_2 = \frac{V_1 \cdot r_1}{r_2} = \frac{1740 \text{ RPM} \times 50,8 \text{ (mm)}}{381 \text{ (mm)}}$ $V_2 = 232 \text{ RPM}$	$V_2 = \frac{V_1 \cdot r_1}{r_2} = \frac{618,81 \text{ RPM} \times 50,8 \text{ (mm)}}{381 \text{ (mm)}}$ $V_2 = 82,4 \text{ RPM}$	ecuación (4.1) $i_1 = \frac{D_2}{D_1} = \frac{381}{50,8} = 7,5$	ecuación (4.7) $t_2 = t_1 \times i_1$ $= 4,24 \text{ lb. ft} \times 7,5 = 31,8 \text{ lb. ft} = 43,111 \text{ Nm}$
Polea 4-5 cónica	$V_3 = \frac{V_2 \cdot r_2}{r_3} = \frac{232 \text{ RPM} \times 76,2 \text{ (mm)}}{104,3 \text{ (mm)}}$ $V_3 = 169,49 \text{ RPM}$	$V_3 = \frac{V_2 \cdot r_2}{r_3} = \frac{82,4 \text{ RPM} \times 76,2 \text{ (mm)}}{104,3 \text{ (mm)}}$ $V_3 = 60,2 \text{ RPM}$	$i_1 = \frac{D_2}{D_1} = \frac{114,3}{76,2} = 2,25$	$t_2 = t_1 \times i_1 = 31,8 \text{ lb. ft} \times 2,25 = 71,55 \text{ lb. ft} = 90 \text{ Nm}$
polea 6	$V_4 = \frac{V_3 \cdot r_3}{r_4} = \frac{169,49 \text{ RPM} \times 50,8 \text{ (mm)}}{139,7 \text{ (mm)}}$ $V_4 = 61,63 \text{ RPM}$	$V_4 = \frac{V_3 \cdot r_3}{r_4} = \frac{60,2 \text{ RPM} \times 50,8 \text{ (mm)}}{139,7 \text{ (mm)}}$ $V_4 = 20 \text{ RPM}$	$i_1 = \frac{D_2}{D_1} = \frac{139,7}{50,8} = 2,75$	$= 71,55 \text{ lb. ft} \times 2,75 = 196,76 \text{ lb. ft} = 266,77 \text{ Nm}$

**ANEXO III.2**



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi

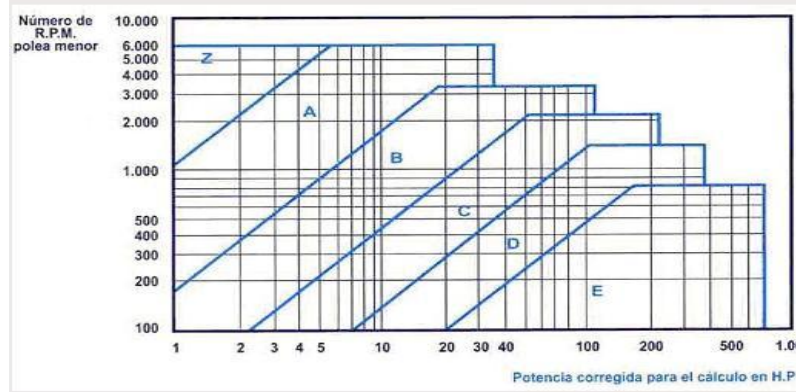
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA**  
**INGENIERÍA Y APLICADAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**



Ingeniería  
Electromecánica

**Selección de bandas.**

**Elección de bandas de transmisión**



**Figura III.1:** sección de la selección de la correa.

Fuente: <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn121.html>

**Tabla III,2** Angulo de abrazo entre la correa y polea .

Especificación	Angulo de contacto de bandas Ecuación aplicada(4,8)	Longitud de la banda de trasmisión
	$\theta = 2 \cos^{-1} \left( \frac{D-d}{2c} \right)$	$L = 2C + \frac{\pi}{2}(D+d) \frac{(D-d)^2}{4C}$
Banda 1 Tipo A(figuraII3)	$\theta = 2 \cos^{-1} \left( \frac{0,381 - 0,050}{2(0,315)} \right)$ = 116,61°	$L = 2(0,315) + \frac{\pi}{2}(0,381 + 0,050) \frac{(0,381 - 0,050)^2}{4(0,315)}$ L = 0,68 m
Banda 2 Tipo A A(figuraII3)	$\theta = 2 \cos^{-1} \left( \frac{0,114 - 0,076}{2(0,530)} \right)$ = 175,89°	$L = 2(0,530) + \frac{\pi}{2}(0,114 + 0,076) \frac{(0,114 - 0,076)^2}{4(0,530)}$ L = 1,06 m
Banda 3 Tipo A A(figuraII3)	$\theta = 2 \cos^{-1} \left( \frac{0,139 - 0,050}{2x(0,20)} \right)$ = 154,28°	$L = 2(0,20) + \frac{\pi}{2}(0,139 + 0,050) \frac{(0,139 - 0,050)^2}{4(0,20)}$ L = 0,40m

Sección de correa	10x6	13x18	17x11	22x14	32x19	38x25
Diámetro mínimo nominal	71	90	140	224	355	500
Diámetro mínimo admisible	63	80	125	200	315	450
Fuerza Tangencial	5	14	20	45	84	120
Potencia P* V=5m/s	0.3	0.9	1.3	3	5.5	7.9
Potencia P* V=10m/s	0.6	1.8	2.5	5.8	11	15
Potencia P* V=15m/s	0.9	2.5	3.5	7.9	15	21
Potencia P* V=20m/s	1	2.9	4.2	9.4	17	25
Potencia P* V=25m/s	1.1	3.1	4.5	10	18	27
Coeficientes de corrección de potencia si el ángulo de abrazado es menor de 180 se multiplica P* por:						
A	180	160	140	120		
F	1	0.9	0.89	0.83		
Coeficientes de corrección de potencia. En caso de sobrecarga se divide P* por:						
%	25	50	100	150		
M	1.1	1.2	1.4	1.6		

**Figura III 2** Datos de las correas utilizadas en la máquina.

Fuente: <https://www.slideshare.net/adrianperezdi/polea-y-correas>

**Selección de las bandas para implementar.**

**TablaIII 3.** Selección de bandas

Numero de banda	Datos requeridos	Tipo de banda	Marca
Banda 1	Tipo A	A26	HI BOWER
Banda 2	Tipo A	A39	HI BOWER
Banda 3	Tipo A	A17	HI BOWER

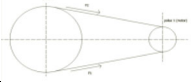
A - 13 mm					
Descripción	Long. interior	Long. de ref.	Descripción	Long. interior	Long. de ref.
	mm	mm		mm	mm
A18	457	487	A83.5	2120	2150
A19	480	510	A84	2140	2170
A20	508	538	A84.5	2150	2180
A21	535	570	A85	2160	2195
A22	560	595	A86	2200	2220
A23	590	620	A87	2215	2245
A23.5	600	630	A88	2240	2270
A24	615	645	A89	2265	2295
A24.5	630	655	A90	2300	2325
A25	650	680	A91	2320	2350
A26	670	705	A92	2345	2375
A27	690	720	A93	2360	2400
A27.5	700	730	A94	2400	2425
A28	710	745	A95	2420	2450
A28.5	725	755	A96	2440	2475
A29.5	750	780	A97	2475	2500
A30	775	805	A98	2500	2525
A31	800	825	A100	2540	2575
A32	825	850	A102	2590	2625
A32.5	825	855	A104	2650	2680
A33	850	875	A105	2670	2705
A34	875	900	A107	2725	2755
A35	900	925	A108	2750	2780
A36	925	950	A110	2800	2830
A37	950	975	A112	2850	2880
A38	975	1000	A114	2896	2926
A38.5	975	1005	A116	2946	2976
A39	1000	1025	A118	3000	3035
A40	1030	1055	A120	3050	3085
A40.5	1030	1060	A124	3150	3185
A41	1050	1080	A128	3250	3290
A41.5	1060	1090	A130	3310	3340
A42	1075	1105	A132	3350	3380
A43	1100	1130	A134	3410	3440
A44	1125	1155	A136	3455	3490
A45	1150	1180	A140	3550	3590
A46	1180	1205	A144	3660	3695
A46.5	1180	1210	A147	3750	3770
A47	1200	1230	A148	3750	3780
A47.5	1215	1245	A158	4000	4050

**Figura III4** Catalogo de correas.

Fuente: <https://www.slideshare.net/adrianperezdi/polea-y-correas>

### 3.6.1. Calculo de fuerzas en la polea 1 y 2

**TablaIII 4.** Torque de la polea y Fuerzas en las bandas

	Procedimiento	Resultado de fuerzas
<p>Datos</p> <p>Torque de la polea 1 5,74 [Nm]</p> <p>F1= tension en el lado tirante de la banda</p> <p>F2= Tencion en el lado flojo de la banda</p> <p><math>r_1 = 0.025</math></p>	<p>Aplicación de la ecuación (4,11)</p> $(F1 - F2) = \frac{T_{\text{polea 1}}}{r_1}$ $(F1 - F2) = \frac{5,74\text{Nm}}{0.025\text{m}}$ $229,6\text{N}$ $(2.05F2 - F2) = 229,6\text{N}$ $F2(2.05 - 1) = 229,6\text{N}$ $F2 = \frac{229,6}{1,05}$ <p>Aplicando la ecuación (4.10)</p> $\frac{F1}{F2} = e^{0,35 \times 2,03}$ $\frac{F1}{F2} = 2.03$ $F1 = 2.03 F2 = 2,03 \times 218.66$	<p><b>F2 = 218,66 N</b></p> <p><b>F1 = 443,89N</b></p>
<p>Datos</p> <p>T (polea2)=43,11 [Nm]</p> <p><math>f=0,35</math></p> <p><math>\Theta = 175,89^\circ = 3.06 \text{ rad}</math></p>	$(F3 - F4) = \frac{T_{\text{polea 3}}}{r_3}$ $(F3 - F4) = \frac{43,11 \text{ Nm}}{0,038}$ $(F3 - F4) = 1134,5$ $\frac{F3}{F4} = e^{0,35 \times 3,069}$ $\frac{F3}{F4} = 2.927$ $F3 = 2.927F4$ $(F3 - F4) = 1134,5\text{N}$ $(2,927F4 - F4) = 1134,5\text{N}$ $F4(2,92 - 1) = 38.19\text{N}$ $F4 = \frac{1134,5}{1,927}$	<p><b>F4 = 588,73 N</b></p> <p><b>F3 = 1719,11 N</b></p>

<p>F1= tención en el lado tirante de la banda [N]  <math>f=0,35</math>  <math>\Theta= 154.28^\circ= 2.70 \text{ rad}</math></p>	$(F5 - F6) = \frac{T \text{ polea } 5}{r5}$ $(F5 - F6) = \frac{90}{0.025}$ $(F5 - F6) = 3600N$ $\frac{F5}{F6} = e^{0,35 \times 2,69}$ $\frac{F5}{F6} = 2.56$ $F5 = 2.562F6$ $(F5 - F6) = 130.17 \text{ N}$ $(2,572F6 - F6) = 3600 \text{ N}$ $F6(2,56 - 1) = 3600N$ $F6 = \frac{3600}{2,56}$	<p><b>F6 = 2307,69N</b>  <b>F5 = 5907,6 N</b></p>
<b>Banda</b>	<b>Fuerza total :ecuación Ec. (4.12)</b>	<b>resultado</b>
1	$F_T = 443,89N + 218,66 \text{ N}$	662,55N
2	$F_T = 588,73 + 1719,11$	2507,84N
3	$F_T = 2307,69 + 5907,6$	8215,29N

MATERIALES EN CONTACTO	(Rozamiento en reposo)			(Rozamiento en movimiento)		
	En seco	Lubricado	Mojado con agua	En seco	Lubricado	Mojado con agua
Acero sobre acero . . . . .	0,15	0,10	—	0,12	0,08	—
Acero sobre bronce . . . . .	0,19	0,10	—	0,18	0,06	—
Acero sobre fundición gris . . . . .	0,28	0,15	—	0,20	0,08	—
Acero sobre madera dura . . . . .	0,56	0,10	—	0,50	0,09	0,24
Banda de acero sobre fundición . . . . .	—	—	—	0,18	—	0,10
Bronce sobre bronce . . . . .	—	—	—	0,20	—	0,15
Corcho sobre metal . . . . .	0,60	0,25	0,62	0,25	0,12	0,25
Cuero sobre metal . . . . .	—	—	—	0,35	0,30	—
Fundición gris sobre bronce . . . . .	0,30	0,15	—	0,28	0,08	0,10
Fundición gris sobre fundición gris . . . . .	0,28	0,10	—	0,20	0,08	0,15
Fundición gris sobre latón . . . . .	0,28	—	—	0,20	0,08	—
Guarnición de freno sobre acero . . . . .	—	—	—	0,45	—	—
Madera de álamo sobre acero . . . . .	—	—	—	0,30	0,20	—
Madera de álamo sobre fundición . . . . .	—	—	—	0,28	0,10	0,20
Poliamida 66 sobre acero . . . . .	0,35	0,11	0,30	—	—	—
Poliamida 66 sobre poliamida 66 . . . . .	0,37	0,15	0,23	—	—	—
Tejido de algodón con resina artificial sobre acero o fundición . . . . .	—	—	—	0,40	0,15	0,25
Tejido de amianto con resina artificial sobre acero o fundición . . . . .	—	—	—	0,51	0,15	0,25

Figura III5 Tabla factor de rozamiento.

**ANEXO III.3**



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi

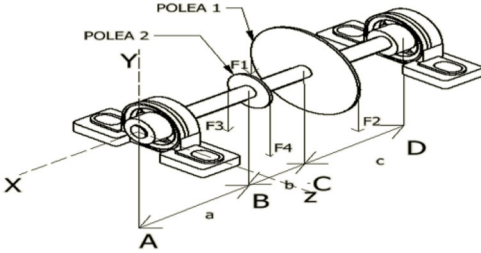
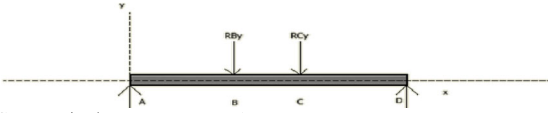
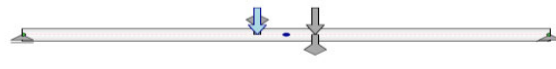
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA**  
**INGENIERÍA Y APLICADAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**



Ingeniería  
Electromecánica

Diseño de ejes

**Diseño de eje para la polea 2-3**

Especificaciones	datos
	<p><b>Diámetro polea 1</b>=0,076 m radio 0.038 m  <b>Diámetro polea 2</b>=0,381 m radio 0.19 m  <b>F2</b> = 218,66 [N]  <b>F1</b> = 443,89 [N]  <b>F4</b>= 588,73 [N]  <b>F3</b>= 1719,11 [N]  a=116 [mm] a 0.116m  b=28 mm a 0.028m  c=116 mm a 0.116m  <b>ANSI 1020</b>  n<sub>d</sub>= factor de diseño 2,8</p>
<p><b>Especificaciones</b></p> <p><b>Análisis de las fuerzas en el plano x-y</b>  <b>Rediseño del eje trabajando a carga estática</b></p>  <p>Sumatoria de momentos en A</p>	<p><b>Cálculos</b></p> $\sum MA = 0$ $(0,116i + 0,038K)x - 1719,11j + (0,116i - 0,038K)x - 58873j + (0,144i + 0,1395k)x - 218,66j + (0,144i - 0,139k)x - 443,89j - 0,26i(Dyj) = 0$ $-199,42K + 65,32i - 68,29K - 22,37i - 31,49k + 30,39i - 5,80k - 5,62i - 0,26Dyk = 0$ $0j - 68,84i - 305k - 0,26Dyk = 0$ $0i = 0i$ $-305 - 0,26Dy = 0$ $Dy = \frac{305}{-0,26}$ $Dy = 1173,08$
<p><b>Sumatoria de fuerzas en AY</b></p> 	$\sum Fy = 0$ $Ay - f4 - f3 - f2 - f1 - Dy = 0$ $Ay - 1719,11 - 588,73 - 218,66 - 443,89 + 1173,08 = 0$ $Ay = -1797,31$
<p><b>Momento flector.</b>  Mediante la ecuación (4.13)</p>	$M = F \times d$ $M_B = -662,55 \times 0,116m$ $M_B = -76,85N m$ $M_c = -2307,84 \times 0,116m$ $M_c = -267,70N m$
<p><b>Torque resultante en B</b></p>	$T_B = F + D$ $T_B = (218,66N \times 0,038 m) + (443,89 \times 0,038)$ $T_B = 25,17$
<p><b>Torque resultante en C</b></p>	$T_c = F + D$ $T_c = (1719,11 \times 0,19m) + (588,73 \times 0,19)$ $T_c = 438,48$
<p><b>Cálculo del diámetro del eje</b>  Para el cálculo del diámetro del eje se aplica la ecuación (4.14).</p>	$0,6Sy = \sqrt{\left(\frac{32M}{\pi d^3}\right)^2 + 3\left(\frac{16T}{\pi d^3}\right)^2}$ $0,6(108 \times 10^7) = \sqrt{\left(\frac{3267,70}{\pi d^3}\right)^2 + 3\left(\frac{16438,48}{\pi d^3}\right)^2}$ $0,6(108 \times 10^7) = \sqrt{\left(\frac{8566,4}{d^3}\right)^2 + 3\left(\frac{7015,68}{d^3}\right)^2}$ $4,19 \times 10^{17} = \left(\frac{17,01}{d^3}\right)^2 + 3\left(\frac{9,53}{d^3}\right)^2$


	$4.19 \times 10^{17} = \frac{8565,50}{d^6} + \frac{481314,19}{d^6}$ $d^6 = \frac{189876,69}{4.19 \times 10^{17}}$ $d = 0.0087$
<b>Multiplicado por el factor de seguridad</b> <b>Figura II.18</b> factor de seguridad =1,5	$d_{eje1} = 0.0087 * 1,5$ $d_{eje1} = 0.013,5 \text{ m}$ <p>El diámetro que se ha obtenido es de 14 mm respectivamente.</p>
<b>Esfuerzo cortante.</b> se aplica la ecuación (4.15) para determinar el esfuerzo cortante	$\tau = \frac{txc}{J}$ $\tau = \frac{438,48 \times 0,014}{\frac{\pi}{2}(0,014)^2}$ $\tau = \mathbf{19938,93}$
<b>Esfuerzos normales.</b> Se puede determinar los esfuerzos normales, por ende, se aplica la ecuación (4.16).	$M = \frac{MxI}{J}$ $M = \frac{32x1428,58}{\pi(0,014)^3}$ $M = 74241818,31$

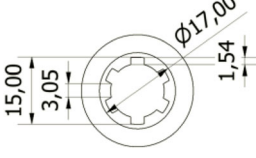
### 1.1 Diseño de eje saliente

Se calcula las tensiones en base al menor diámetro del eje calculo q se lo determina en el parte del estriado con un diámetro de 12mm.

Calculo por resistencia

Remplazando en la ecuación.

eje saliente 	ACERO - ASI 1020
Especificación	calculo
<b>Calculo por resistencia</b> Cálculo por resistencia de compresión se lo determina mediante la ecuación (4.17).	<b>Remplazado la ecuación.</b> $\sigma_{compresión} = \frac{196,1}{\frac{\pi \cdot 12^2}{4}}$ $\sigma_{compresión} = 1.733 \frac{N}{mm^2}$
<b>Esfuerzo cortante</b> Cálculo de cortadura mediante la ecuación ec. (4.18)	<b>Remplazado la ecuación</b> $\tau = \frac{295,95}{\frac{\pi \cdot 12^3}{16}}$ $\tau = 0.708 \frac{N}{mm^2}$
<b>comprobación coeficiente de seguridad según la tención cortante máxima</b>	$\frac{1}{2} \cdot \frac{\sigma_F}{N} = \sqrt{\left(\frac{\sigma}{2}\right)^2 + \tau^2}$ $\frac{1}{2} \cdot \frac{250}{N} = \sqrt{\left(\frac{1.733}{2}\right)^2 + 0.708^2}$ $\frac{1}{2} \cdot \frac{250}{N} = 1.118$ $N = \mathbf{111.80}$

<p><b>Estriado del eje</b>  El par torsos atreves e un cardan que está sujeto a la polea el cual tiene el trabajo de trasmisión atreves de un eje estriado. Se comprueba que los dientes del eje son resistentes a compresión para la cual tenemos el siguiente procedimiento  <b>resistentes a compresión para la cual se tiene el siguiente proceso de cálculo aplicando la ecuación (4.20)</b></p>	 $R_m = \frac{15 + 12}{2}$ $R_m = 6.75 \text{ mm}$ $F_t = \frac{M_{torsor}}{R_m}$ $F_t = \frac{295.95}{6.75}$ $F_t = 43.84$ $\sigma_c = \frac{F_t}{z \cdot 0.75 \cdot h \cdot L}$
<p>Especificación</p>	<p>caculo</p>
<p>Mediante el estriado de un eje se transmite el par de torsión a través de un eje para ello se comprueba que los dientes del eje estriado son resistentes a compresión para la cual se tiene el siguiente proceso de cálculo aplicando la ecuación (4.20).</p>	$\sigma_c = \frac{43.84}{7.5 \times 0.75 \times 1.54 \times 25}$ $\sigma_c = 0.2024 \frac{N}{mm^2}$
<p>Factor del material</p>	$C_s = \frac{\sigma_R}{\sigma_c}$ $C_s = \frac{400}{0.2024}$ $C_s = 1976.28$

ANEXOS	Construcción de la máquina embaladora de cajas para material ferretero.	
		
		
		



UNIVERSIDAD TÉCNICA  
DE COTOPAXI  
OCTUBRE 2021-MARZO  
2022





UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA



Ingeniería  
Electromecánica

# MANUALES



# ***MANUAL DE FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA DE EMBALADO SEMIAUTOMÁTICA VERTICAL***



**Jijón Izurieta Carlos Alexis**  
**Villacís Vizhñay Byron Alexander**  
**Ing. MSc. Navarrete López Luis Miguel**

# ¡ADVERTENCIA!



## INSTRUCTIVO

Para precautelar la seguridad del operario. Esta máquina está diseñada para embalar cajas de cartón para material ferretero con un peso máximo de 20 kg y un volumen máximo de  $275\text{cm}^3$  por caja, es recomendable encender la máquina después de haber colocado la caja en la mesa rotatoria. Aunque esta máquina se ha fabricado con la idea de obtener un funcionamiento fiable y seguro, resulta imposible prever todas las combinaciones de circunstancias que pueden provocar un accidente. Para un funcionamiento seguro de la máquina, se recomienda leer todas las instrucciones detalladas en este manual. El operario siempre debe tener presente que la seguridad es lo primero en cada fase de utilización de la máquina, incluido la instalación y el mantenimiento de esta unidad. Es responsabilidad de la empresa o propietario de la máquina, garantizar que todos los operarios reciban, lean y comprendan este manual y tengan toda la formación necesaria para utilizarla.



### Instrucciones generales para el operario

- Se aconseja dedicar cierto tiempo a la lectura detenida del manual. No obstante, y por experiencia, se sabe que la impaciencia en comprobar cómo operar la máquina nos empuja a prescindir del manual y comprobar por uno mismo el funcionamiento.
- El manual de la máquina no sólo permite guiar en su funcionamiento, sino que también permite identificar los sistemas por los cuales está compuesta con la finalidad de obtener un buen mantenimiento a la máquina y poder controlar de mejor manera la operación de la misma, contribuyendo a una auténtica metodología de trabajo.
- No obstante, para evitar males irreparables, pérdidas de tiempo, dolores de cabeza y mal funcionamiento de la máquina, se recomienda leer con atención el manual de funcionamiento, sobre todo los sistemas por los cuales está compuesta la máquina. De no hacerlo, el aprendizaje empírico resultará más difícil y desde luego se perderá la oportunidad de sacar el máximo provecho de la máquina de embalado semiautomática vertical.
- Esta máquina está diseñada solo para embalar cajas de un peso máximo de 20kg y un volumen por caja máximo de  $275 \text{ cm}^3$ .

## SISTEMA GENERAL DE LA MÁQUINA

### SISTEMA MECÁNICO



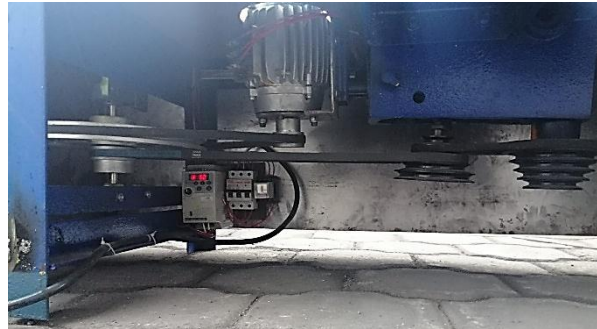
#### Mesa rotatoria

Soporte donde se ubica la caja de cartón para su embalaje, a continuación, en la siguiente tabla se muestran las especificaciones:

<b>Peso máximo de soporte</b>	20kg
<b>Volumen máximo por caja de cartón</b>	275 $cm^3$

En la presente tabla se especifica el peso y volumen máximo por caja que se ubican en la mesa rotatoria, ya que si se excede estas especificaciones la máquina tiende a sobre esforzarse y no rendir lo necesario para lo que fue diseñada, poniendo en riesgo el factor de seguridad de la máquina.

### Tren de poleas



El tren de poleas es el sistema que transmite la velocidad y potencia del motor hacia la mesa rotatoria, el cual una vez suministrada la energía a la máquina y mediante pulsadores este sistema de transmisión se pone en marcha.

**Nota:** Antes de poner en funcionamiento el tren de poleas y en si todo el sistema de la máquina, se recomienda colocar la caja que se va a embalar, así evitamos cualquier tipo de riesgo.

### Pedestal o porta bobinas vertical de stretch film



En primera instancia para un correcto funcionamiento de la máquina para la cual fue diseñada, se recomienda colocar en la porta bobinas o pedestal vertical papel STRETCH FILM para garantizar el embalado de la caja y evitar rupturas o daños al material interno.

El pedestal o porta bobinas está diseñado para realizar un movimiento vertical con la intervención del operario ya que este sistema se trata de un movimiento manual, por ende, para realizar el embalaje de la caja se combina la fuerza mecánica del motor y la intervención del operario para manejar y controlar el embalaje mediante la porta bobinas del papel estirable.

## SISTEMA ELÉCTRICO

### Variador de frecuencia DELTA

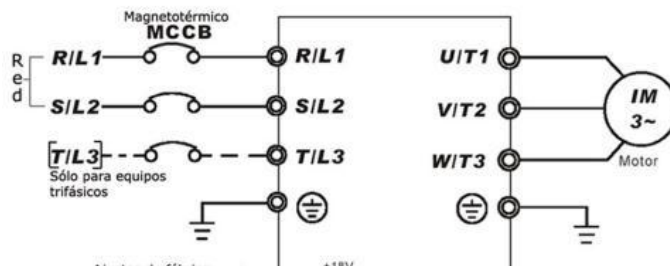
115V 200W-400W  
230V 200W-1500W  
Variador de Frecuencia



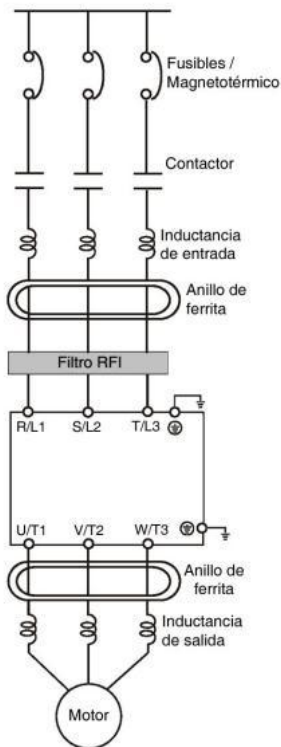
Antes de realizar cualquier cambio de conexiones en el dispositivo de variador de frecuencia es recomendable leer el siguiente catálogo instructivo del variador instalado en la máquina.

Fuente: <https://mrosur.jimdofree.com/app/download/17964635925/MANUAL+VFD-L+Ver+01.pdf?t=1592495037>

### Esquema de conexión interna del Variador hacia el motor

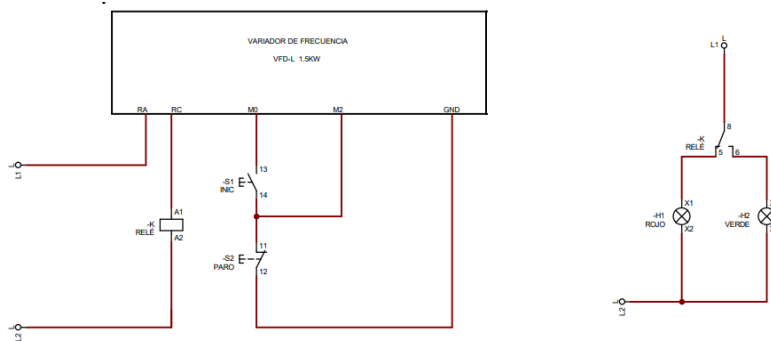


### Esquema de conexión externa del Variador hacia el motor

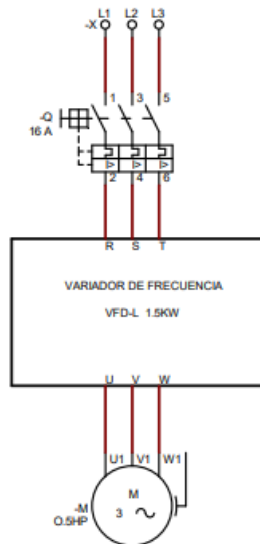


### Esquema eléctrico de la máquina

#### Circuito de mando



### Circuito de potencia



En el siguiente esquema se especifica el tipo de conexión establecido en la máquina embaladora de cajas para el respectivo funcionamiento.

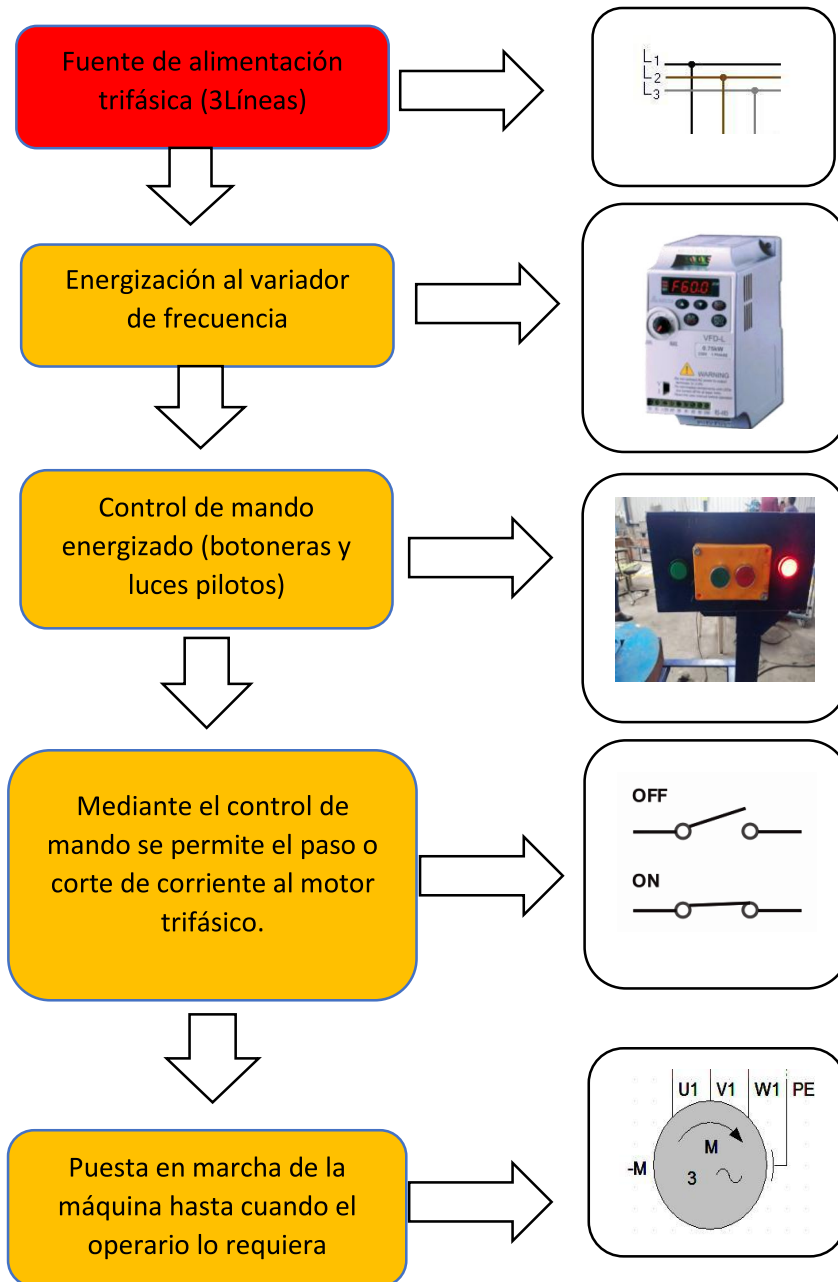
### FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA

Una vez detallada los sistemas establecidos de la máquina se establece el funcionamiento de la misma con un suministro de energía trifásica de 3 líneas.

### Datos técnicos de la máquina

Voltaje de entrada	Potencia de la máquina	Horas de trabajo establecidas por día	Peso máximo por caja para embalaje	Volumen máximo por caja
Alimentación Trifásica L1, L2, L3	27.5 rpm	5	20kg	275 cm <sup>3</sup>

### Proceso de funcionamiento de la máquina





UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA



Ingeniería  
Electromecánica

# *MANUAL DE MANTENIMIENTO DE LA MÁQUINA DE EMBALADO SEMIAUTOMÁTICA VERTICAL*



**Jijón Izurieta Carlos Alexis**  
**Villacís Vizhñay Byron Alexander**  
**Ing. MSc. Navarrete López Luis Miguel**

# ¡ADVERTENCIA!



## INSTRUCTIVO

Para precautelar la seguridad del operario. Esta máquina está diseñada para embalar cajas de cartón para material ferretero con un peso máximo de 20 kg y un volumen máximo de  $275\text{cm}^3$  por caja, es recomendable encender la máquina después de haber colocado la caja en la mesa rotatoria. Aunque esta máquina se ha fabricado con la idea de obtener un funcionamiento fiable y seguro, resulta imposible prever todas las combinaciones de circunstancias que pueden provocar un accidente. Para un funcionamiento seguro de la máquina, se recomienda leer todas las instrucciones detalladas en este manual. El operario siempre debe tener presente que la seguridad es lo primero en cada fase de utilización de la máquina, incluido la instalación y el mantenimiento de esta unidad. Es responsabilidad de la empresa o propietario de la máquina, garantizar que todos los operarios reciban, lean y comprendan este manual y tengan toda la formación necesaria para utilizarla.



### Instrucciones generales para el operario

- Se aconseja dedicar cierto tiempo a la lectura detenida del manual. No obstante, y por experiencia, se sabe que la impaciencia en comprobar cómo operar la máquina nos empuja a prescindir del manual y comprobar por uno mismo el funcionamiento.
- El manual de la máquina no sólo permite guiar en su funcionamiento, sino que también permite identificar los sistemas por los cuales está compuesta con la finalidad de obtener un buen mantenimiento a la máquina y poder controlar de mejor manera la operación de la misma, contribuyendo a una auténtica metodología de trabajo.
- No obstante, para evitar males irreparables, pérdidas de tiempo, dolores de cabeza y mal funcionamiento de la máquina, se recomienda leer con atención el manual de mantenimiento, sobre todo los sistemas por los cuales está compuesta la máquina. De no hacerlo, el aprendizaje empírico resultará más difícil y desde luego se perderá la oportunidad de sacar el máximo provecho de la máquina de embalado semiautomática vertical.
- Esta máquina está diseñada solo para embalar cajas de un peso máximo de 20kg y un volumen por caja máximo de  $275 \text{ cm}^3$ .

## MANTENIMIENTO GENERAL DE LA MÁQUINA

Antes de poner en marcha la máquina se recomienda verificar el suministro de energía eléctrica, ya que de eso depende que no haya sobre tensiones y calentamientos en la máquina, lo cual se toma como referencia un mantenimiento preventivo.

### Mantenimiento preventivo

Las actividades de un mantenimiento preventivo se tratan de corregir pequeñas fallas para así, prevenir fallas catastróficas que conlleve a la destrucción de los equipos y constantes paradas de producción.

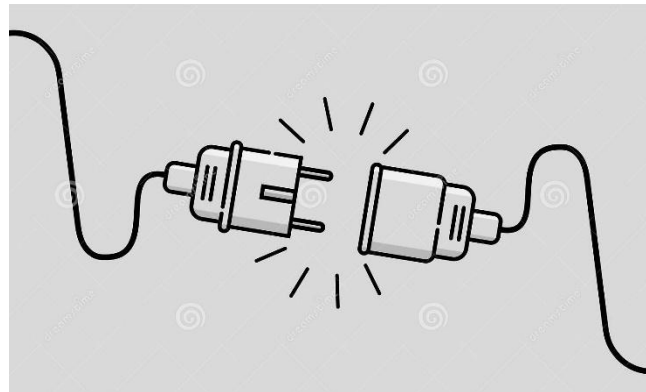
Un mantenimiento preventivo se puede aplicar en el sistema de transmisión del motor hacia la mesa rotatoria, que está constituido por un conjunto de poleas y bandas como se muestra en la figura.



En el tren de poleas establecido antes de poner en marcha se recomienda al operario verificar la tensión de las bandas entre las poleas con el motor desconectado de la fuente de energía para obtener el rendimiento al cual fue diseñada y construida la máquina, caso contrario sino se realiza esta revisión, la máquina podría tender a ocasionar daños en los elementos constitutivos de la misma.

### Suministro de energía

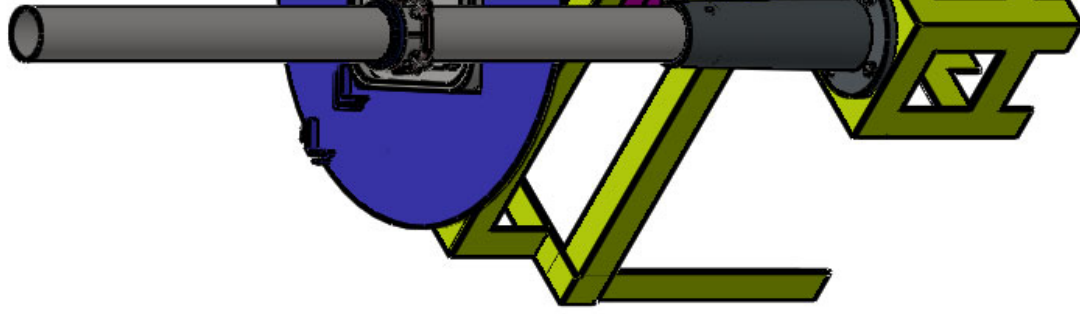
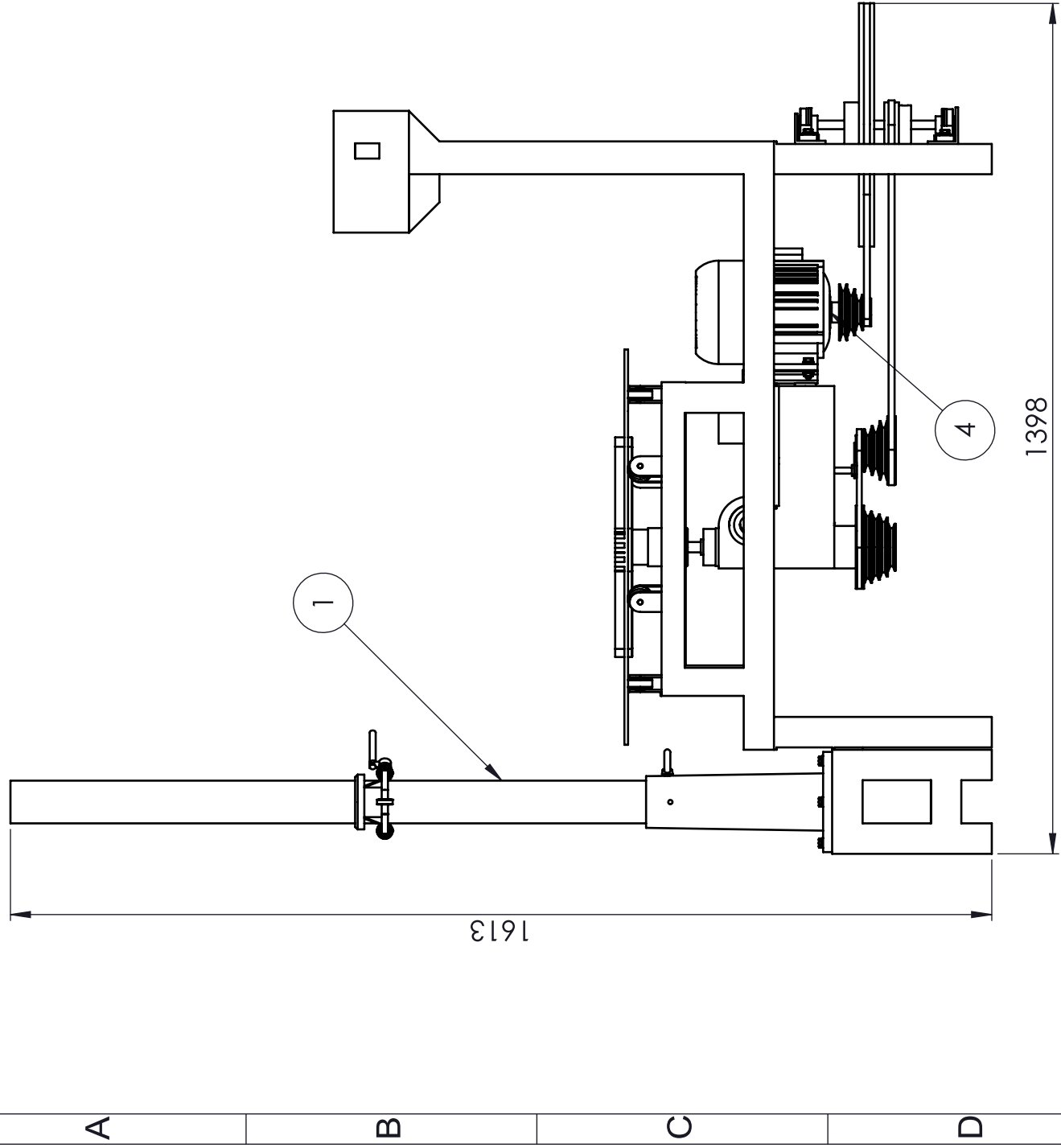
Después de haber realizado la máquina su trabajo y si ya no va a ser utilizada se recomienda al operario desenergizar la unidad para evitar daños involuntarios en la misma o al operario.





# PLANOS

1 2 3 4 5 6

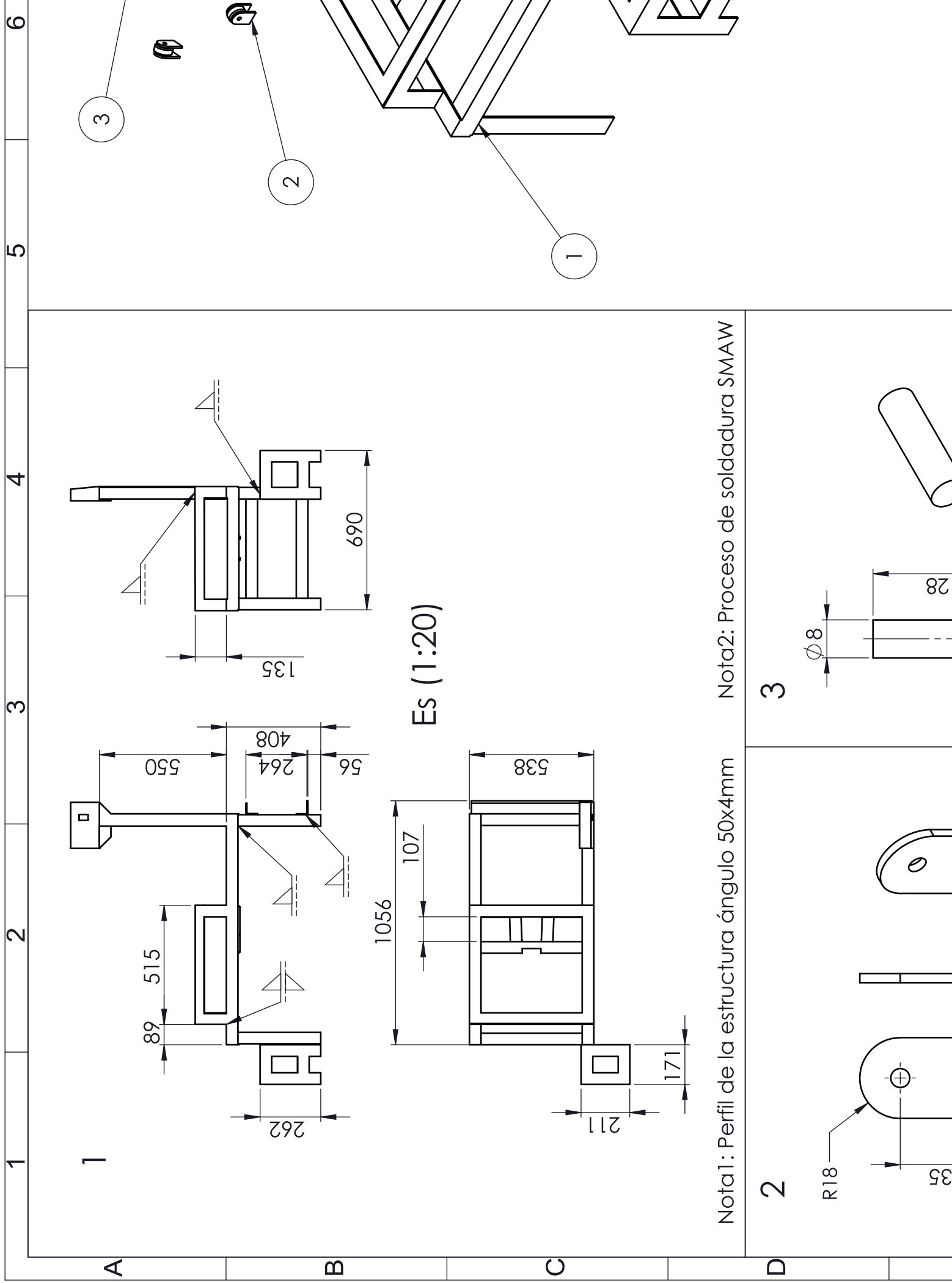


4 Sistema rotador









3

2

1

3

2

6

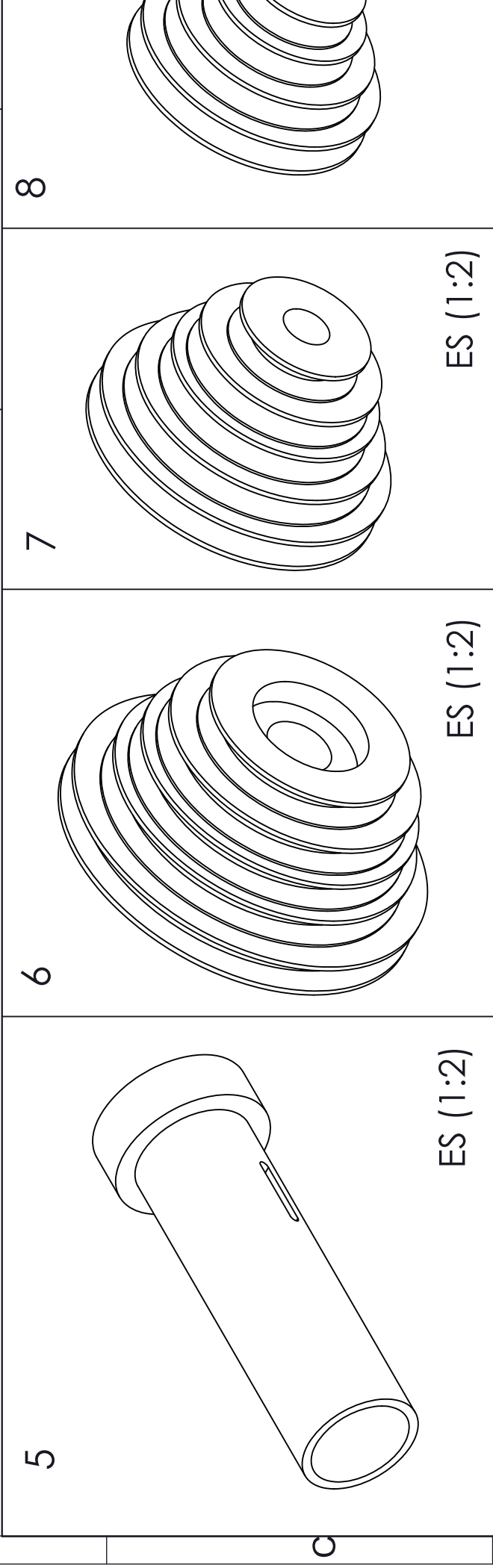
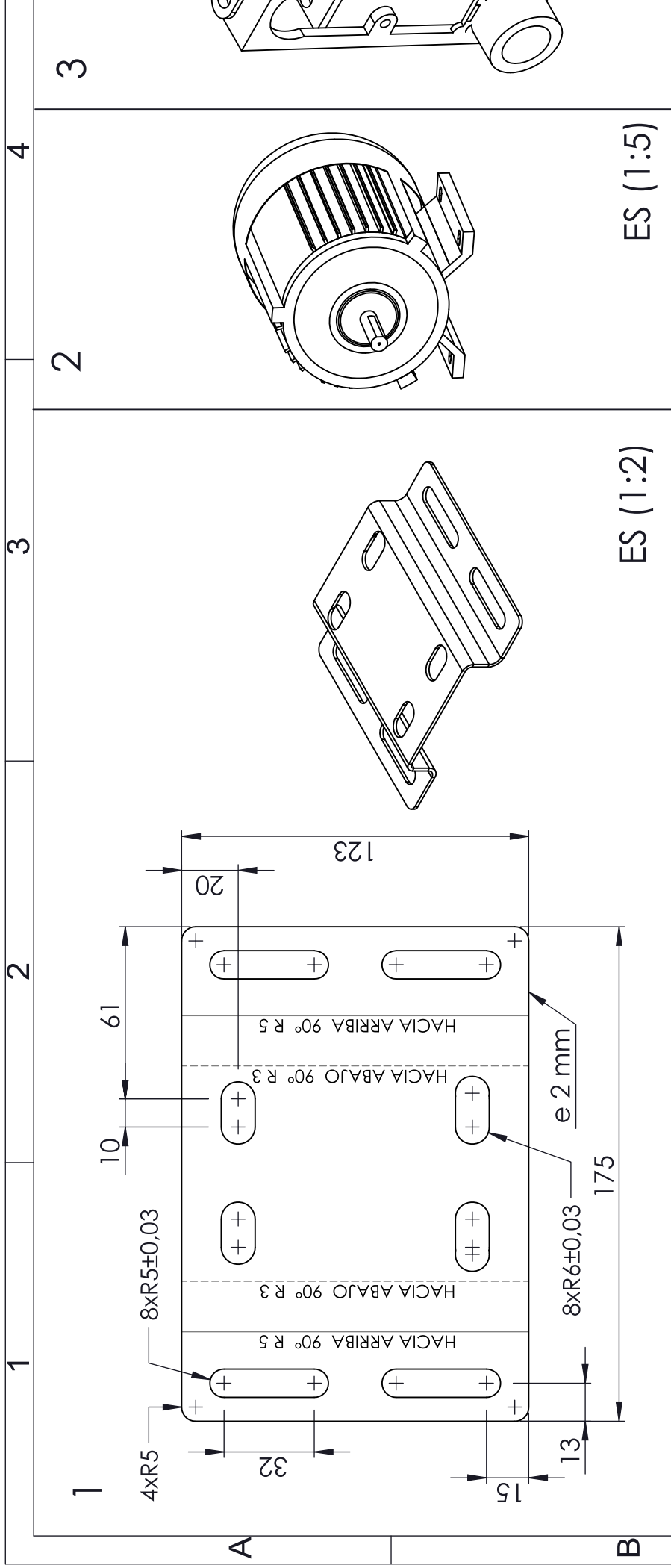
5

4

3

2

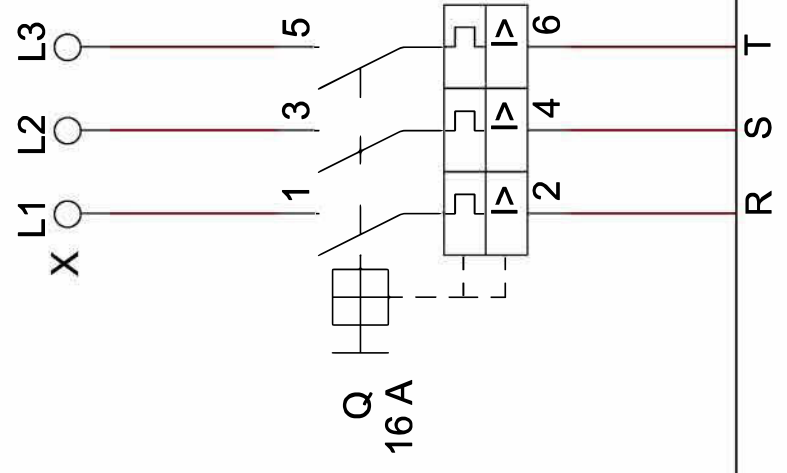
1



1 2 3 4 5 6

A

### CIRCUITO DE FUERZA



B

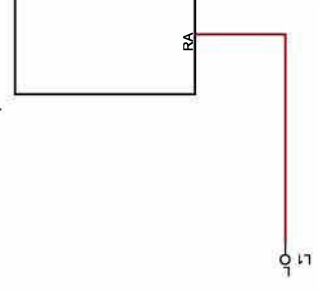
C

D

### VARIADOR DE FRECUENCIA VFD-L

U V W

C



K  
RELE



H1  
ROJO

