

# FACULTAD DE INGENIERÍA TECNOLÓGICA



**“AUTOMATIZACION DE SELLADORA PARA BOLSAS DE PAN”**

**UNIVERSITARIO: BEYMAR DANY LAIME RAMOS**

**TUTOR: ING. BERGMAN CARRASCO URIONA**

**INSTITUCIÓN: FACULTAD DE INGENIERÍA TECNOLÓGICA**

**AÑO: 2018**

POTOSÍ – BOLIVIA

**UNIVERSIDAD AUTONOMA “TOMAS FRIAS”**  
**VICERRECTORADO**  
DIRECCION DE INVESTIGACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA  
FACULTAD DE INGENIERIA TECNOLOGICA  
CARRERA DE INGENIERIA MECATRONICA



**INVESTIGACION**

“AUTOMATIZACION DE SELLADORA PARA BOLSAS DE PAN”

**AUTOR:** UNIV. BEYMAR DANY LAIME RAMOS

POTOSI - BOLIVIA

**UNIVERSIDAD AUTONOMA “TOMAS FRIAS”**  
**VICERRECTORADO**  
DIRECCION DE INVESTIGACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA  
FACULTAD DE INGENIERIA TECNOLOGICA  
CARRERA DE INGENIERIA MECATRONICA



**INVESTIGACION**

“AUTOMATIZACION DE SELLADORA PARA BOLSAS DE PAN”

**AUTOR:** UNIV. BEYMAR DANY LAIME RAMOS

POTOSI - BOLIVIA

2018

**AUTOMATIZACION DE SELLADORA PARA BOLSAS DE PAN**

**UNIVERSITARIO BEYMAR DANY LAIME RAMOS**

**FACULTAD DE INGENIERIA TECNOLOGICA**

**INGENIERIA MECATRONICA**

**NOVIEMBRE 2018**

## **INDICE**

<b>RESUMEN .....</b>	<b>12</b>
<b>INTRODUCCION.....</b>	<b>13</b>
<b>DISEÑO TEORICO .....</b>	<b>14</b>
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>14</b>
<b>FORMULACION DEL PROBLEMA.....</b>	<b>14</b>
<b>OBJETO DE LA INVESTIGACION .....</b>	<b>15</b>
<b>ALCANCE DE LA INVESTIGACION.....</b>	<b>15</b>
<b>TEMPORAL.....</b>	<b>15</b>
<b>ESPACIAL.....</b>	<b>15</b>
<b>OJBETIVOS .....</b>	<b>15</b>
<b>OBJETIVO GENERAL.....</b>	<b>15</b>
<b>OBJETIVO ESPECIFICO.....</b>	<b>15</b>
<b>TIPO DE INVESTIGACION.....</b>	<b>16</b>
<b>DISEÑO METOLOGICO .....</b>	<b>16</b>
<b>METODO TEORICO .....</b>	<b>16</b>
<b>METODO EMPIRICO .....</b>	<b>16</b>
<b>IMPORTANCIA CIENTIFICAS .....</b>	<b>16</b>
<b>APORTE TEORICO .....</b>	<b>16</b>
<b>Embolsadora:.....</b>	<b>16</b>
<b>NOVEDAD CIENTIFICA .....</b>	<b>17</b>
<b>Capítulo I. .....</b>	<b>18</b>
<b>MARCO TEORICO.....</b>	<b>18</b>
<b>1.1. ANTECEDENTES .....</b>	<b>18</b>
<b>1.2. proceso de embolsado mediante fundas termoencogibles .....</b>	<b>19</b>
<b>1.2.1. Proceso mediante película termoencogible .....</b>	<b>19</b>
<b>1.2.2. Descripción de la teoría de termo contracción .....</b>	<b>20</b>
<b>1.3. Tipo de materiales .....</b>	<b>22</b>
<b>1.4. Termosellado.....</b>	<b> Error! Marcador no definido.</b>
<b>1.5. Otros tipos de máquinas selladoras .....</b>	<b>31</b>
<b>1.6. Resistencia Calentadora.....</b>	<b>32</b>
<b>1.7. Sensores y Transductores .....</b>	<b>32</b>
<b>1.8. Sensor Infrarrojo.....</b>	<b>33</b>
<b>1.9. Sensor de temperatura .....</b>	<b>34</b>
<b>1.10. Termistor .....</b>	<b>34</b>
<b>1.11. RTD (resistance temperature detector).....</b>	<b>34</b>
<b>1.12. Termopar .....</b>	<b>35</b>
<b>1.13. Sensor final de carrera.....</b>	<b>35</b>
<b>1.14. Motores.....</b>	<b>36</b>

1.14.1. Servomotores.....	37
1.14.2. Motores pasó a paso .....	39
1.15. Elementos mecánicos.....	42
1.15.1. Ejes.....	42
1.15.2. Engranajes.....	42
1.15.3. Tipos de engranajes .....	43
1.15.4. Caja reductor de velocidad .....	44
1.16. Resortes .....	45
1.16.1. Tipos de resortes .....	46
1.17. Cintas transportadoras .....	46
1.17.1. Partes de las cintas transportadoras .....	48
1.17.2. Características compartidas .....	48
1.17.3. Tipos de cintas transportadoras .....	49
1.18. Controladores lógicos programables (PLC).....	49
1.18.1. Funcionamiento de un PLC .....	50
1.18.2. Arquitectura de un PLC .....	50
1.18.3. Ventajas del uso de un PLC .....	51
1.18.4. Tipos de PLC.....	52
CAPITULO II.....	54
2. DIAGNOSTICO .....	54
2.1. Descripción.....	54
2.2. Grupo de Estudio .....	54
2.2.1. Contexto interno.....	54
2.2.2. Contexto externo .....	54
2.2.3. Problemas de Investigación.....	54
2.3. Árbol del Problema .....	54
2.4. Resultados y análisis de la entrevista.....	55
2.4.1. Vaciado de datos externos e internos .....	55
CAPITULO III .....	62
3. INGENIERIA DEL PROYECTO.....	62
3.1. Situación actual .....	62
3.2. Diseño del sistema mecánico.....	62
3.2.1. Banda transportadora .....	62
3.3. Diseño de los sistemas eléctricos y electrónicos.....	67
3.3.1. Sistema motor principal .....	67
3.3.2. Selección del motor para la cinta trasportadora .....	67
3.3.3. Control del motor.....	67
3.3.4. Sistema de sellado .....	69
3.3.5. Resistencia eléctrica .....	69

3.3.6. Controlador de temperatura.....	69
3.3.7. Sistema de codificado.....	70
3.4. Simulación de la transferencia de calor entre las mordazas y la bolsa.....	72
3.5. Propuesta .....	75
3.6. Construcción del prototipo .....	75
3.6.1. Construcción de la banda transportadora.....	75
3.6.2. Construcción del sistema de sellado .....	78
3.7. Construcción de la caja de control del prototipo.....	81
3.8. Prototipo terminado .....	82
3.9. Programa del prototipo.....	83
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	85
Conclusiones.....	85
Recomendaciones.....	86
Bibliografía .....	87

## **INDICE DE CUADROS**

<b>Cuadro 1 .....</b>	<b>50</b>
<b>Cuadro 2 .....</b>	<b>50</b>
<b>Cuadro 3 .....</b>	<b>51</b>
<b>Cuadro 4 .....</b>	<b>52</b>
<b>Cuadro 5 .....</b>	<b>53</b>
<b>Cuadro 7 .....</b>	<b>54</b>
<b>Cuadro 8 .....</b>	<b>55</b>

## **ÍNDICE DE TABLAS**

<b>Tabla 1 Propiedades térmicas del PVC .....</b>	17
<b>Tabla 2 Propiedades Físicas PVC .....</b>	17
<b>Tabla 3 .....</b>	46
<b>Tabla 4 .....</b>	48
<b>Tabla 5 .....</b>	49
<b>Tabla 6 .....</b>	51
<b>Tabla 7 .....</b>	53
<b>Tabla 8 .....</b>	56
<b>Tabla 9 propiedades del material (bolsa) .....</b>	63

## **INDICE DE FIGURAS**

- Figura 1** pedal Plastic Sealing Free-600
- Figura 2** Embolsado Con Fundas Termoencogibles
- Figura 3** Embolsado Con Película Termoencogible
- Figura 4** Correlación entre la retracción y la fuerza de retracción.
- Figura 5** Esquema de sellado por barra caliente
- Figura 6** Sellador por barra caliente manual
- Figura 7** Selladoras de banda (horizontal y vertical)
- Figura 8** Esquema de sellado por impulso
- Figura 9** Sellador por impulso manual
- Figura 10** Termosellado por alambre y por cuchilla
- Figura 11** Termoselladora tipo "L"
- Figura 12** Sellado por inducción
- Figura 13** Capas de la tapa
- Figura 14** Esquema Sensor infrarrojo
- Figura 15** Sensor de temperatura
- Figura 16** Sensor Fin de Carrera
- Figura 17** Motor DC
- Figura 18** Servomotor
- Figura 19.** Motor pasó a paso

**Figura 20 Topología de "puente en H" para las bobinas Ay B**

**Figura 21 Variación de la alimentación de corriente de la bobina A según los Transistores T1, T2, T3, T4**

**Figura 22 Eje**

**Figura 23 Engranajes**

**Figura 24 Piñón recto de 18 dientes**

**Figura 25 Mecanismo reductor básico**

**Figura 26 Resortes**

**Figura 27 Banda transportadora**

**Figura 28 Catálogo de banda esvelt**

**Figura 29 Separadora NM 060-62 marca esvelt**

**Figura 30 Moto reductor de banda transportadora**

**Figura 31 Variador de frecuencia**

**Figura 32 Elementos para simulación**

**Figura 33 Transferencia de calor de las mordazas hacia la funda**

**Figura 34 Flujo total de calor entre mordazas y la funda**

**Figura 35 Banda transportadora**

**Figura 36 Tesadores de la banda transportadora**

**Figura 37 Caja de engranajes de la banda transportadora**

**Figura 38 Final de carrera de la banda transportadora**

**Figura 39 Circuito de control de la banda transportadora**

**Figura 40 Estructura del sistema de sellado**

**Figura 41 final de carrera del sistema de sellado**

**Figura 42 Terminales de conexión de la resistencia del sistema de sellado**

**Figura 43 Caja de engranajes del sistema de sellado**

**Figura 44 Modulo temporizador del sistema de sellado**

**Figura 45 Resistencia y teflón del sistema de sellado**

**Figura 46 Transformador de 10 Amp. Del sistema de sellado**

**Figura 47 Caja de control del prototipo**

**Figura 48 Prototipo de selladora**



## **INDICE DE ILUSTRACIONES**

<b>Ilustración 1 dimensiones moto reductor .....</b>	<b>76</b>
<b>Ilustración 2 diseño de rodillo .....</b>	<b>76</b>
<b>Ilustración 3 secuencia normal motor paso a paso .....</b>	<b>77</b>
<b>Ilustración 4 variador de frecuencia .....</b>	<b>77</b>
<b>Ilustración 5 Control de temperatura.....</b>	<b>78</b>

## **RESUMEN**

La Automatización es la aplicación de diferentes tecnologías para controlar un proceso, maquina, aparato o dispositivo que por lo regular cumple funciones o tareas repetitivas, haciendo que opere automáticamente, reduciendo al mínimo la intervención humana.

Lo que se busca con la Automatización es generar la mayor cantidad de producto, en el menor tiempo posible, con el fin de reducir los costos y garantizar una uniformidad en la calidad.

La Automatización es posible gracias a la unión de distintas tecnologías, por ejemplo la olehidraulica, la neumática, los servos y los motores son los encargados del movimiento, nos ayudan a realizar esfuerzos físicos (mover una bomba, prensar o desplazar un objeto), los sensores nos indican lo que está sucediendo con el proceso, donde se encuentra en un momento determinado y dar la señal para que siga el siguiente paso, los sistemas de comunicación enlazan todas las partes y los Controladores Lógicos Programables o por sus siglas PLC se encargan de controlar que todo tenga una secuencia, toma decisiones de acuerdo a una programación pre establecida, se encarga de que el proceso cumpla con una repetición, a esto debemos añadir otras tecnologías como el vacío, la robótica, telemetría y otras más.

## INTRODUCCION

La ingeniería Macatrónica es una disciplina que une la ingeniería mecánica, ingeniería electrónica, ingeniería de control, ingeniería informática, y sirve para diseñar y desarrollar productos que involucren sistemas de control, para el diseño de productos o procesos inteligentes, lo cual busca crear maquinaria más compleja para facilitar las actividades del ser humano a través de procesos electrónicos en la industria mecánica, principalmente. Debido a que combina varias ingenierías en una sola, su punto fuerte es la versatilidad.

En Bolivia estas máquinas se le pueden adquirir solo por pedido del exterior ya que en el país no lo realizan. Un ejemplo de estas máquinas podemos mencionar a la empresa BAFU que dispone de una completa gama de máquinas de embalaje automáticos gestionados por PC industrial y control de ejes.

BAFU es un claro referente internacional en el mundo del envasado automático, como especialista en el diseño y fabricante de máquinas de envasado automático y solución de envasado integrado y sistemas automáticos de alimentación.

La automática o control (automático) de sistemas trata de regular, con la mínima intervención humana, el comportamiento dinámico de un sistema mediante órdenes de mando que se le da mediante un ordenador o microcontrolador.

El tema de automatización nos dará una visión muchísimo más amplia de lo que puede ayudar esto a una empresa ya que se va a dar en la misma un proceso de mecanización de las actividades industriales para reducir la mano de obra, simplificar el trabajo para que así se de propiedad a algunas máquinas de realizar las operaciones de manera automática; por lo que indica que se va dar un proceso más rápido y eficiente.

Como dijimos anteriormente al darse una mayor eficiencia en el sector de maquinaria, lograra que la industrial disminuya la producción de piezas defectuosas, y por lo tanto aumente una mayor calidad en los productos que se logran mediante la exactitud de las maquinas automatizadas; todo esto ayudara a que la empresa industrial mediante la utilización de inversiones tecnológicas aumente toda su competitividad en un porcentaje considerable con respecto a toda su competencia, y si no se hace, la empresa puede sufrir el riesgo de quedarse rezagado.

## DISEÑO TEORICO

### PLANTEAMIENTODELPROBLEMA

En el mundo actual, la competencia que existe en los mercados y el nivel de crisis económica que vive el país, hace que las empresas y micro empresas se vean en la necesidad de mejorar continuamente la calidad de los servicios, y tienen como objetivo fundamental satisfacer las necesidades y exigencia de los clientes, de la manera más eficiente, lo que origina un mejoramiento continuo de los procesos, con la finalidad de aprovechar eficientemente los recursos.

La empresa Súper Alimentos Nutritivos Juventudes Andinas “SAN JUAN” cuenta con tres selladoras de pedal tipo PEDAL PLASTIC SEALING FRE-600 con las cuales se pierde mucho tiempo y material para realizar el sellado de bolsas de pan, además de no mantener la inocuidad alimentaria durante el proceso de sellado tal cual exige las normas SENASAG, es por eso y con el fin de reducir ese tiempo y gastar menos material quemando bolsas se plantea la opción de automatizar la maquina selladora de pan manual.



**Figura 1 pedal Plastic Sealing Free-600**

### FORMULACION DEL PROBLEMA

Hoy en día las empresas y sobre todo las micros empresas en Bolivia están innovando nuevos productos y su demanda está creciendo por lo cual este tipo de sistemas son muy útiles para poder cumplir con la demanda y por lo que es muy necesario tener una empaquetadora para el crecimiento de las empresas y micro empresas del país. Por lo tanto y según lo expuesto surge el siguiente problema de investigación:

¿Cuáles son los factores necesarios para poder implementar una maquina semiautomática selladora de bolsas de pan?

## **OBJETO DE LA INVESTIGACION**

El objeto del estudio de la investigación es poder realizar el diseño de una maquina semiautomática selladora de bolsas de pan para mejorar la productividad y eficiencia y también que el producto tenga una mejor presentación al público así las empresas puedan tener mejores ganancias.

## **ALCANCE DE LA INVESTIGACION**

### **TEMPORAL**

El estudio se hará durante 9 meses, tomando en cuenta datos de los tres años anteriores para contrastar datos sobre el consumo y la cantidad de dinero y tiempo gastados.

### **ESPACIAL**

La investigación será realizada en la empresa SAN JUAN

## **OJBETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL.**

Desarrollar una maquina semiautomática de sellado que sea capaz de consumir menos tiempo y desperdiciar menos material que la maquina actual.

### **OBJETIVOESPECIFICO.**

1. Sistematizar los fundamentos teóricos y metodológicos relacionados con la automatización de máquinas selladoras de pan.
2. Investigar y determinar la estructura mecánica más óptima para la maquina
3. Investigar y determinar el sistema de control que sea capaz de interactuar con el sistema mecánico.
4. Elaborar el programa para el microcontrolador que sea capaz de controlar el proceso de sellado de bolsas de pan.
5. Construcción de un prototipo.

## **TIPO DE INVESTIGACION**

El tipo de investigación que utilizaremos en el presente trabajo será una investigación básica aplicada.

## **DISEÑO METOLOGICO**

### **METODO TEORICO**

Para el método teórico utilizaremos Inducción y deducción:

Este método será utilizado en la etapa de diagnóstico y en el desarrollo de la propuesta del proceso investigativo, con lo cual se deducirá los efectos de automatizar equipos manuales en equipos alimenticios.

### **METODO EMPIRICO**

Para este método empírico se utilizaran los métodos de:

Entrevista al gerente.

Con la finalidad de conocer opiniones y profundizar acerca de los beneficios y ventajas que ofrece la automatización de sistemas.

Test o pruebas diagnósticas a operadores.

Con la finalidad de conocer el grado de trabajo empleado en sistemas manuales. El instrumento a utilizar será el cuestionario, la población serán los operadores de las selladoras.

## **IMPORTANCIA CIENTIFICAS**

Los sistemas expertos están siendo cada vez más usados, sin embargo su implementación aún sigue siendo costosa en términos de dinero y conocimiento, porque sigue siendo tema de investigación mundial.

## **APORTE TEORICO**

### **Embolsadora:**

Es una máquina que se encarga de agrupar y posteriormente colocarle nailon y sellarla con calor y transportarlo.

Adquisición de datos:

Mediante un contador podemos saber cuánto puede producir en todo un mes y anualmente. El contador es un dispositivo electrónico que sirve para poder contar cuando un objeto pasa por él y mostrarlo.

### **NOVEDAD CIENTIFICA**

La aplicación de estas máquinas es muy utilizada en todo el mundo y por muchas empresas donde más lo podemos ver es las empresas de galletas al empaquetar sus productos con lo último en tecnología.

Y por vez primera se propone la automatización de selladoras manuales, en la cual este proceso es controlado por un microcontrolador y demás periféricos.

## **Capítulo I.**

### **MARCO TEORICO**

#### **1.1. ANTECEDENTES**

El embolsado o empaquetado es la acción y efecto de embalar. Este procedimiento consiste en disponer de manera sumamente cuidadosa todos aquellos alimentos u objetos que van a ser transportados a un determinado lugar o manipulados por varias personas. Ahora bien, ¿Dónde se colocan estos elementos? Por lo general, van dentro de cubiertas, cajas o envolturas, cuyo objetivo principal es el de asegurar que todas las mercancías que están en su interior puedan resistir los por menores de transporte, como ser la manipulación excesiva, movimientos bruscos o trasladados permanentes de un lugar a otro. Dentro del concepto de embolsado se incluyen, por lo tanto, todos los materiales pero también todos los procedimientos que sirven de protección de las mercancías en cuestión. Es decir, el embolsado también engloba otros planes. Uno de ellos es el acondicionamiento, que consiste en disponer algo (en este caso, el alimento que se transporta) de una manera consciente, responsable y cuidadosa para un objetivo en especial. El objetivo es el arribo de la mercancía en perfecto estado. Otros de los métodos empleados es el de presentación, que hace hincapié en la entrega de algo en presencia de alguien, pero nunca descuidando las apariencias o las características de dicha presentación. Un tercer método es el de manipulación, que implica toda alteración de un determinado elemento, en este caso para mejorar su traslado. También hay un proceso que va de la mano con otro de manera irremisible. Me estoy refiriendo al almacenado y conservado de la mercancía, que consiste en la permanencia de la misma en un lugar sea observada consuma atención y cuidado. Por último, uno de los métodos más relevantes que forman parte del procedimiento de embolsado es el de transporte de la mercancía. Recordemos que el embolsado se lleva a cabo justamente teniendo como fin primordial el del eficaz y seguro transporte de dicha mercancía. Por esta razón es que se emplean cajas o envolturas que garanticen un traslado. El objetivo del embalaje es que el envase empleado sea sinónimo de protección del producto que será transportado. Dicho envase funciona como soporte o continente, debido a que envuelve el producto, lo asegura, lo contiene y facilita el transporte y la posterior presentación, que es fundamental sobre todo en el caso de los productos que están destinados al consumo. Dentro de los procesos de embolsado son conocidos los siguientes procesos:

Proceso de embolsado mediante funda termoencogible.

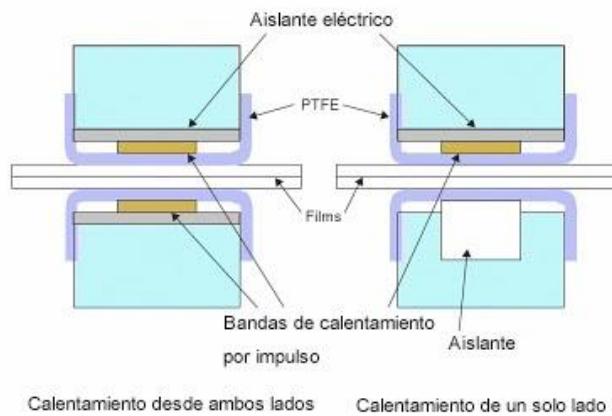
Proceso mediante película termoencogible.

Siempre que existe una diferencia de temperatura en el universo, la energía se transfiere de la región de mayor temperatura a la de menor temperatura. De acuerdo con los conceptos de la termodinámica, esta energía transmitida se denomina calor, este sistema es aplicado en las selladoras y envasadora las mismas se pueden clasificar de la siguiente forma.

### 1.2. proceso de embolsado mediante fundas termoencogibles

Este tipo de proceso consiste el colocar el producto manualmente dentro de las fundas termoencogibles las cuales vienen en dimensiones previamente solicitadas, para luego ser pasadas a través del túnel de termo contracción, donde adquiere la contracción requerida.

En cuanto a las aplicaciones se utiliza para todo tipo de productos y alimentos que requieran un alto proceso higiénico pues garantiza la inocuidad y por ende la prolongación de vida útil de los alimentos durante su almacenamiento y así mismo evita una posible contaminación.

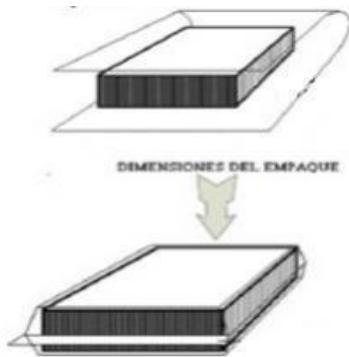


**Figura 2 Embolsado Con Fundas Termoencogibles**

#### 1.2.1. Proceso mediante película termoencogible

En el túnel de termo contracción el producto previamente embalado en una selladora tipo L o en una selladora frontal se desplaza sobre una cinta transportadora de acción continua a través de una cámara, en la cual el aire es forzado mediante ventiladores a través de resistencias eléctricas, generando así un flujo de aire a la temperatura necesaria para realizar la termo contracción de la película con el cual se ha hecho el embalaje.

Uso de la película termoencogible es aplicable a varios productos pero se aplica mayormente a la envoltura de alimentos como ser carnes, embutidos, quesos entre otros.



**Figura 3 Embolsado Con Película Termoencogible**

### **1.2.2. Descripción de la teoría de termo contracción**

El sistema de embalaje en termoencogible se fundamenta en la utilización de un material termoplástico que se caracteriza por variar sus dimensiones y adecuarse a la forma del objeto a envolver, cuando se lo somete a una determinada temperatura

El fenómeno del termo contracción (también llamado de retracción) se produce como consecuencia de las tensiones residuales existentes en la película, las cuales fueron obtenidas durante la fabricación del film, y resultan liberadas cuando el material alcanza la temperatura adecuada. Estas tensiones, llamadas contracción longitudinal y contracción transversal, son regulables durante la fabricación de la película y para cada tipo de envoltorio que se desea obtener se puede especificar los valores necesarios. El fenómeno de contracción se desarrolla de acuerdo a las Siguientes etapas:

#### **Etapa1.-**

Ablandamiento de la película: cuando se alcanza la temperatura de 100 °C aproximadamente. Se observa que la película se ablanda y sufre alargamiento en ambas direcciones (transversal y longitudinal). Este fenómeno se debe a la Dilatación térmica del material.

#### **Etapa2.-**

Retracción de la película: superados los 100 °C comienza la retracción acelerada de la película, alcanzándose un desplazamiento importante  $R_c$  que constituye el 90% aproximadamente de la retracción total.

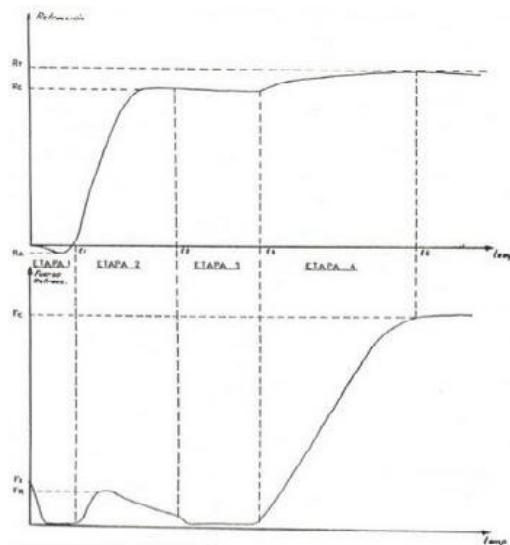
#### **Etapa3.-**

Estabilización: una vez alcanzada el desplazamiento  $R_c$  el material deja de contraer, aun cuando permanezca a la temperatura de contracción o superior a ella.

#### **Etapa4.-**

Enfriamiento: En esta etapa el material completa su retracción mientras se enfría.

Esta etapa del proceso es importante, no tanto por el mayor porcentaje de contracción que se alcanza sino por el incremento de la fuerza de contracción del material.



**Figura 4 Correlación entre la retracción y la fuerza de retracción.**

#### **1.2.3. Descripción del Túnel de Termo Contracción**

El recinto del horno está formado por la pared exterior y el aislamiento térmico, pared interior elementos que forman la cámara de túnel en cuyo interior se disponen las resistencias de calentamiento y carga. El calor en el recinto se genera aplicando tensión a estas resistencias que se encuentran uniformemente distribuidas a lo largo del horno. El aire se calienta a su paso por estos grupos de resistencias, separados del recinto por convectores y deflectores y se hace circular el mismo, a una velocidad previamente determinada mediante el grupo motor – ventilador que se encarga de repartirla de forma homogénea. De esta manera el calor se transmite a la carga la cual debe alcanzar una determinada temperatura que debe mantenerse durante un tiempo establecido. El intercambio térmico en el interior del túnel se realiza mediante una corriente de aire a una elevada temperatura que sede calor a la carga mediante convección. Dicho programa puede ajustarse y controlarse muy exactamente, por lo que un horno de túnel se construye ex profeso para un ritmo de producción y un programa dados. Esta

es la razón de la amplia variedad de dimensiones. Entendemos por hornos industriales los equipos o dispositivos utilizados en la industria, en los que se calientan las piezas o elementos colocados en su interior por encima de la temperatura ambiente. El objeto de este calentamiento puede ser muy variado.

El principio fundamental en el que está basado el túnel de termo contracción se lo encuentra en la ciencia de la transferencia de calor y es la convección.

### **1.3. Tipo de materiales**

Los materiales se clasifican en cinco grupos: metales, cerámicos, polímeros, semiconductores y materiales compuestos. Los materiales de cada uno de estos poseen estructuras y propiedades distintas.

#### **Polímeros**

Producidos mediante un proceso conocido como polimerización, es decir creando grandes estructuras moleculares a partir de moléculas orgánicas, los polímeros incluye el hule, los plásticos y muchos tipos de adhesivos. Los polímeros tienen baja conductividad eléctrica y térmica, reducida resistencia y no son adecuados para utilizarse a temperaturas elevadas. Los polímeros termoplásticos, en los cuales las largas cadenas moleculares no están conectadas de manera rígida, tienen buena ductilidad y conformabilidad; los polímeros termoestables son más resistentes, aunque más frágiles porque las cadenas moleculares están fuertemente enlazadas. Los polímeros se utilizan en muchas aplicaciones, incluyendo dispositivos electrónicos.

La polimerización ocurre cuando moléculas pequeñas representadas por los círculos en la figura se combinan para producir moléculas más grandes (es decir polímeros). Las moléculas de los polímeros pueden tener una estructura del tipo cadena (termoplástico) o pueden formar redes tridimensionales (termoestables).

#### **Termoplásticos**

Un termoplástico es un plástico que, a temperatura ambiente, es plástico o deformable, se derrite cuando se calienta y se endurece en un estado vítreo cuando se enfriá lo suficiente. La mayor parte de los termoplásticos son polímeros de alto peso molecular, los cuales poseen cadenas asociadas por medio de débiles fuerzas Van der Waals (polietileno); fuertes interacciones dipolo-dipolo y enlace de hidrogeno, o incluso anillos aromáticos apilados (poli estireno). Los polímeros termoplásticos difieren de los polímeros termoestables en que

después de calentarse y moldearse pueden recalentarse y formar otros objetos, mientras que en el caso del termo estable o el termo duro, después de enfriarse la forma no cambia. Sus propiedades físicas cambian gradualmente si se funden y se moldean varias veces (historial térmico), generalmente disminuyen estas propiedades. Los más usados son: el polietileno(PE), el polipropileno(PP), el poli estireno (PS), el metacrilato(PMMA), el poli cloruro de vinilo(PVC), el politereftalato de etileno(PET), el teflón(opolitetrafluoretileno, PTFE) y el nylon(un tipo de poliamida). Se diferencian de los termoestables (baquelita, goma vulcanizada) en que éstos últimos no se funden al elevarlos a altas temperaturas, sino que se queman, siendo imposible volver a moldearlos. Muchos de los termoplásticos conocidos pueden ser resultados de la suma de varios polímeros, como es el caso del vinilo, que es una mezcla de polietileno y polipropileno. Los plásticos termoplásticos se pueden fundir y refundir varias veces para darle forma, por lo tanto son reciclables. Los termoplásticos al ser calentados aumentan la energía de sus moléculas y se reducen las fuerzas de atracción entre ellas, de esta forma se vuelve más deformable o plástico. Una vez enfriados recuperan sus propiedades mecánicas algunos tipos de termoplásticos son:

### **P.V.C. (poli cloruro de vinilo)**

El P.V.C. (Poli Cloruro de Vinilo) es un polímero termoplástico de gran versatilidad y es uno de los materiales plásticos más importantes de los disponibles hoy en día. Sus principales características incluyen resistencia mecánica, resistencia al intemperie, al agua y a muchos reactivos.

Además tiene propiedades aceptables de resistencia eléctrica. Dependiendo de la formulación utilizada es posible fabricar múltiples y varia dos productos como pueden ser: tuberías, botellas, perfiles, recubrimientos, espumas, calzados, forros de cables, mangueras, discos, pisos, y losetas, juguetes y por supuesto películas tanto rígidas como flexibles en una gran variedad de espesores y presentaciones, utilizando para ello, técnicas de fabricación muy variadas como pueden ser extrusión, calandrado, inyección, roto moldeo, termo formado, compresión, soplado, etc. Los procesos de fabricación utilizados en la manufactura de la película de PVC suelen ser: la extrusión tubular y el posterior soplado de PVC plastificado; la extrusión mediante un cabezal plano; el calandrado y ocasionalmente el colado mediante el uso y la evaporación de solventes (muy raro). El rango de estas películas puede variar desde las muy duras y rígidas a las muy suaves y flexibles. El

principal uso de las películas de PVC es el empaque de productos. Algunas mercancías envasadas reciben a veces una envoltura adicional realizada con película. Las misiones de esta envoltura son:

- ✓ Protección adicional de la mercancía frente a influencias externas.
- ✓ Mejora del control y garantía del cierre.
- ✓ Posibilidad de reunir varios envases aislados.
- ✓ Mejor promoción de venta.

Protección adicional de la mercancía frente a influencias externas.- Se evitan los deterioros mecánicos de envases valiosos debidos a los roces sufridos durante el transporte y almacenaje.- Las mercancías sensibles tienen una mejor protección contra las pérdidas de aroma por influencias externas.- Muchos productos exigen protección frente a la absorción, la pérdida de humedad o ambos inconvenientes (por ejemplo pan o cigarros). En general, una película envolvente, del material adecuado, puede cumplir estas funciones. Las películas usadas como envoltura suelen ser transparentes, de este modo se reconoce el contenido y se facilita la clasificación. También, una envoltura bien sellada ofrece además la garantía de que el envase no ha sido abierto.

Dependiendo del tipo de película, estas se utilizan en el empaque de alimentos, como pueden ser carnes frescas, ser carnes frescas, aves, frutas y vegetales; o como parte estructural del empaque, por ejemplo los empaques de latas o de multi empaques; o para dar una presentación excepcional a los productos, por ejemplo, regalos, cajas de chocolates, empaques de discos, etc. El aumento en la importancia del uso de las películas de PVC como material de empaque es atribuido a sus excelentes propiedades de barrera a la humedad, a los gases y a los olores; a su resistencia química al agua y a los productos químicos; a su claridad y transparencia similar al cristal; a su consistencia mecánica. Ventajas adicionales son su brillo, su resistencia al rasgado, su permeabilidad al oxígeno, buen sellado al calor y la posibilidad de producción de un empaque libre de arrugas. Las películas biaxialmente orientadas poseen algunas de estas características mejoradas, como son: excepcional claridad, propiedades de tensión superior, flexibilidad y propiedades de tensión superiores, flexibilidad y propiedades de barrera mejoradas, mejor resistencia al impacto y una mejorada estabilidad térmica. Sin embargo, hay un detrimiento en la

cantidad de elongación que resisten, la fácil propagación del rasgado, y un estrechamiento del rango de sellado.

Películas encogibles.- Los materiales con memoria termoplástica que tienden a contraerse al aplicárseles calor son la base del método de embalaje encogible. De todos los posibles materiales, las películas encogibles de poli olefina y de PVC son las que han adquirido mayor importancia práctica. Las propiedades de contracción de los diferentes termoplásticos son distintas y dependen del rango de temperatura de reblandecimiento o endurecimiento del plástico y pueden ajustarse a una capacidad de contracción previamente determinable con exactitud. Las películas encogibles al contraerse pueden lograr un empaque sin arrugas ajustado a la forma y al tamaño del producto que cubren. El porcentaje de encogimiento aumenta con la temperatura de encogimiento y puede ser controlado teóricamente por este método, pero es muy difícil en la práctica con la mayor de las técnicas de encogimiento ya que el porcentaje de encogimiento final es determinado por el objeto que se empaca. Sin embargo la medida de esta propiedad da una idea de la cantidad de retracción que puede lograr la película. Se pueden fabricar con encogimientos diferentes tanto en la dirección longitudinal (dirección máquina D/M) como en la transversal del rollo (D/T), pero lo más usual es que tenga un encogimiento equilibrado en ambas direcciones.

Las películas de PVC resultan adecuadas para la mayoría de los empaques. El empleo de empaques encogibles es siempre oportuno cuando se trata de envolver mercancías de forma irregular. El proceso es también adecuado en los casos en que se trata de embalar mercancías con diversas dimensiones y formatos en sucesión irregular. Finalmente se emplea también para unir paquetes sueltos en paquetes colectivos. Aunque habrán de tolerarse los cordones de soldadura y algunas arrugas producidas en las esquinas. Existen equipos manuales y automáticos. La mayoría de los equipos de encogimiento funcionan con aire caliente (80 a 200 °C) y casi siempre son preferibles bajas temperaturas de encogimiento pues se requieren equipos más sencillos, existe un ahorro de energía y se permite el empaque de productos sensativos al calor.

La contracción de la película de PVC, a diferencia de otros plásticos, como el polietileno (PE), se logra a temperaturas desde 80 °C, característica importante para productos sensibles al calor.

En general la exposición del paquete al flujo térmico es solo de 5 a 8 segundos, por lo que es posible aplicarlos en envases de polietileno de alta densidad, polipropileno y otros, sin que sufran deformación ni afecten el contenido (producto).

### **Características técnicas del P.V.C.**

Las características técnicas del PVC, elasticidad, alargamiento a la rotura, densidades, fricción, resistencia a la rotura al impacto, a la tracción, y temperatura máxima y mínima de trabajo, se muestran en la tabla referentes al PVC que aparecen a continuación:

**Tabla 1 Propiedades térmicas del PVC**

<b>Propiedades Térmicas</b>	
Calor Específico ( J K <sup>-1</sup> kg <sup>-1</sup> )	1000-1500
Coeficiente de Expansión Térmica ( x10 <sup>-5</sup> K <sup>-1</sup> )	75-100
Conductividad Térmica a 23C ( W m <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> )	0,12-0,25
Temperatura Máxima de Utilización ( C )	50-75
Temperatura Mínima de Utilización ( C )	-30
Temperatura de Deflación en Caliente - 0.45MPa ( C )	70
Temperatura de Deflación en Caliente - 1.8MPa ( C )	67

**Tabla 2 Propiedades Físicas PVC**

Densidad	1,37 a 1,42 Kg/dm. <sup>3</sup>
Coeficiente de dilatación lineal	0,000.060 a 0.000.080 m/ <sup>0</sup> C/m.
Temperatura de ablandamiento	> 80 <sup>0</sup> C.
Módulo de elasticidad a 20 <sup>0</sup> C	> 28.000 Kg./cm. <sup>2</sup>
Tensión de rotura a tracción	> 500 Kg./cm. <sup>2</sup>

#### **1.4. Termosellado**

Una termo selladora o sellador térmico es una máquina utilizada para el sellado de materiales termoplásticos utilizando calor. Esto puede ser con materiales termoplásticos mono capas o que tienen varias capas, siendo al menos una termoplástica. El Termosellado puede unir dos materiales similares entre sí o pueden unirse a materiales distintos, uno de los cuales debe tener una capa termoplástica.

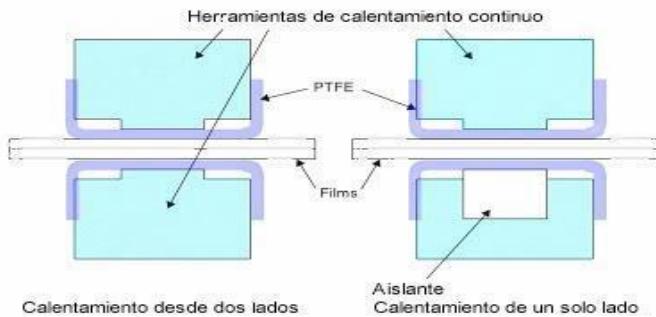
Existen dos tipos principales de Termoselladoras por contacto directo: por barra caliente y por impulso según sea el sistema de calentamiento de la herramienta, continuo o discontinuo respectivamente.

Están disponibles otros sistemas de sellado en los cuales el calentamiento del sustrato se realiza sin contacto directo con los materiales a unir como, por ejemplo, el sellado por

inducción o por gas caliente. Pero todos los sistemas requieren la aplicación de presión para el logro de la soldadura y para ello se tienen los siguientes tipos de Termoselladoras:

### Selladoras por barra caliente

Poseen una herramienta que es calentada y se mantiene a una temperatura constante (también conocido como sellado térmico por contacto directo).



**Figura 5 Esquema de sellado por barra caliente**

Estos utilizan una o más barras calentadas que hace contactar el material con la interface caliente y formar una unión. Las barras, planchas y troqueles tienen diferentes configuraciones y se pueden cubrir con una capa anti-adherente o utilizan diversos materiales de interposición (ejemplo: recubrimiento de teflón) para evitar que se pegue a la herramienta caliente.



**Figura 6 Sellador por barra caliente manual**

### Sellador térmico continuo

También conocidos como selladores de banda, utilizan correas en movimiento sobre los elementos de calefacción. Generalmente están disponibles en alimentación horizontal y

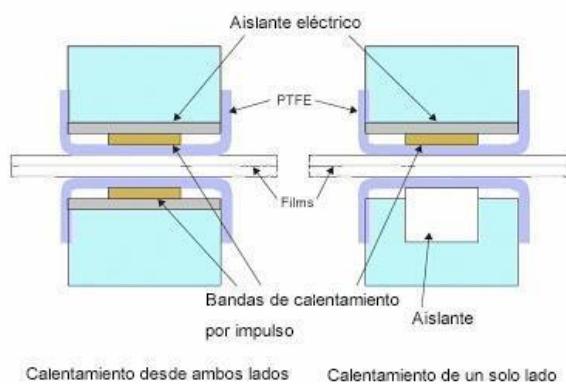
vertical, diseñadas para sellar bolsas. El modelo vertical es ideal para embalaje de bolsas que contienen artículos vertibles como polvos o líquidos.



**Figura 7 Selladoras de banda (horizontal y vertical)**

### Selladores térmicos por impulso

Tienen elementos de calefacción (uno o dos) usualmente de nicromo (aleación de níquel y cromo) colocados entre un caucho sintético resistente y una superficie antiadherente.



**Figura 8 Esquema de sellado por impulso**

Los elementos calefactores no se calientan continuamente; se genera calor sólo cuando fluye la corriente. Cuando los materiales se colocan en el cierre por calor, se mantienen en su lugar por la presión. Una corriente eléctrica calienta el elemento de calentamiento durante un tiempo especificado para crear la temperatura requerida. Las mordazas mantienen el material en su lugar después de que se detuvo el calentamiento, a veces con agua de refrigeración.



**Figura 9 Sellador por impulso manual**

### Sellador por alambre caliente

Implica un alambre caliente que corta las superficies y los une con un cordón de borde fundido. Para esta misma función existen selladoras que presentan cuchillas de corte. Esto no se emplea por lo general cuando las propiedades de barrera son críticas.



**Figura 10 Termosellado por alambre y por cuchilla**

Dentro de la Termoselladoras por alambre caliente se pueden encontrar las termoselladora tipo L son específicas para el envasado con películas termo contraíbles. Con el accionamiento de su cabezal sueldan y cortan el material embolsando el producto. Tienen la particularidad que pueden soldar en forma de ele. Posteriormente, se sopla aire caliente para la contracción del film plástico.

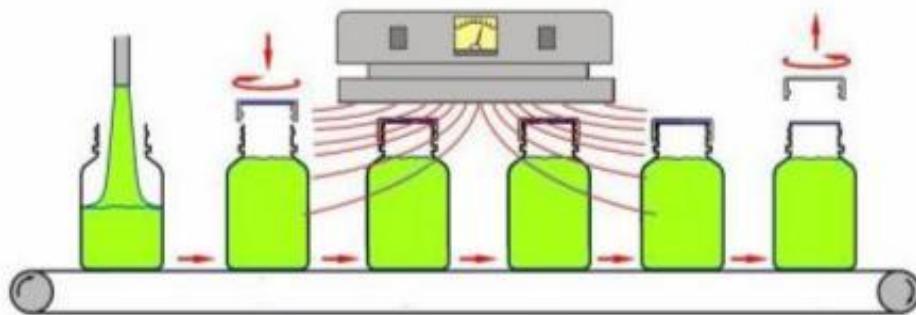


**Figura 11 Termoselladora tipo "L"**

### **Sellador por inducción**

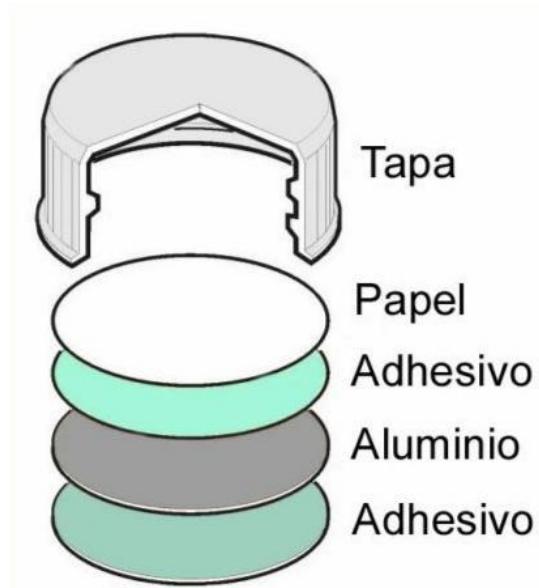
Se denomina sellado por inducción, a un método, sin contacto, de calentar un disco metálico para sellar herméticamente la parte superior de recipientes de plástico o de vidrio. Este proceso de sellado se realiza luego que el contenedor ha sido llenado con su contenido y la tapa se ha colocado en su posición.

El método utiliza el principio de inducción electromagnética para generar calor y fijar el material del sello.



**Figura 12 Sellado por inducción**

La tapa presenta una película delgada que es la inductora. Esta película puede ser de diversos materiales, distribuidos en varias capas. El estrato superior es de papel, generalmente adherida con pegamento a la tapa. La capa siguiente es de cera, que se utiliza para adherir una laminilla de aluminio al papel. El estrato inferior es un film de polímero laminado sobre el metal. Luego que la tapa o cierre se coloca en posición, al contenedor se le hace pasar bajo una bobina de inducción, la cual emite un campo electromagnético oscilante.



**Figura 13 Capas de la tapa**

Cuando el contenedor o botella pasa bajo la espira de inducción la lámina de aluminio que conduce la electricidad comienza a calentarse. El calor derrite la cera, la cual se absorbe en la pulpa del papel y libera a la laminilla metálica de la tapa. El film polímero también se calienta y fluye hacia el reborde de la abertura del contenedor. Al enfriarse, el polímero forma una unión con el contenedor y establece así un sello hermético. Este proceso, que ocurre en un lapso de unos pocos segundos, no afecta al recipiente, ni a su contenido.

### **1.5. Otros tipos de máquinas selladoras**

#### **Sellado por alta frecuencia**

Durante el proceso, las piezas a unir se someten a un campo eléctrico de alta frecuencia aplicada entre dos barras de metal. El campo eléctrico dinámico provoca la vibración molecular en el plástico. Algunos de los movimientos oscilatorios resultantes se convierten en energía térmica, haciendo que el material se caliente.

Los productos fabricados por soldadura de alta frecuencia incluyen carteras de papelería, inflables, lonas y bolsas de sangre.

La técnica se restringe generalmente a PVC, EVA y poliuretanos.

#### **Sellado por ultrasonido**

La soldadura ultrasónica implica el uso de alta frecuencia de energía mecánica para ablandar o fundir el termoplástico en la línea de la articulación. Piezas a unir se mantienen juntas bajo

presión y después se someten a vibraciones ultrasónicas, por lo general a una frecuencia de 20 o 40 kHz. La soldadura ultrasónica es un proceso rápido, con tiempos de soldadura típicamente menos de un segundo, y puede ser fácilmente automatizado. Se trata de una opción para el sellado de embalajes tales como pomos.

### **1.6. Resistencia Calentadora**

Las resistencias calentadoras convierten energía eléctrica en calor. Procedimiento descubierto por James Prescott Joule cuando en 1841 al hacer circular corriente eléctrica a través de un conductor se liberó calor por encontrar resistencia.

En la actualidad las resistencias calentadoras se utilizan para infinidad de aplicaciones. La gran mayoría de ellas son fabricadas con un alambre de una aleación de níquel (80%) y cromo (20%). Esta aleación soporta temperaturas muy altas (1000° C), es resistivo (condición necesaria para generar calor), es muy resistente a los impactos y es inoxidable.

### **1.7. Sensores y Transductores**

Los sensores son dispositivos que miden la magnitud de una señal determinada y producen una señal relacionada. Los sensores usan las propiedades de los materiales de los que están hechos y así comparar su comportamiento ante las variaciones de la señal a medir.

El termómetro de mercurio es un ejemplo en el que la sensible propiedad de dilatación que tiene el mercurio ante cambios de temperatura, se aprovecha para equipararla a su medición.

Muchos de los sensores más usados son eléctricos o electrónicos, aunque existen de otros tipos, y las magnitudes a medir son fenómenos físicos como diversos tipos de energía, velocidad, aceleración, tamaño, cantidad, etc. Como ejemplo podemos mencionar sensores de temperatura, humedad, fuerza, deformación, acidez, luz, sonido, contacto y proximidad.

Los transductores son dispositivos capaces de transformar un determinado tipo de energía de entrada en otra diferente y relacionada de energía de salida. Como ejemplo podemos mencionar transductores electro acústico, electromecánico, electromagnéticos, electroquímicos, fotoeléctricos, piezoelectricos, termoelectricos y de presión.

Los micrófonos, las bocinas, los teclados de los equipos y los ventiladores, son ejemplos prácticos de aplicaciones de transductores.

### **Características de operación**

El funcionamiento y evaluación de los transductores se basa en diferentes características de operación, las cuales se pueden ampliar y convertirse en las características de los sistemas de

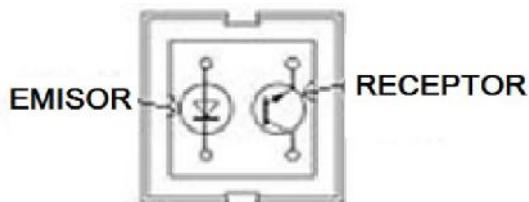
medición en su conjunto. Independientemente del tipo de transductor del que se trate, éstas siempre estarán presentes.

Las características más consideradas son:

- ✓ Intervalo. Es el rango en magnitud que puede tener la señal de entrada.
- ✓ Extensión. Es el valor máximo de entrada que puede detectar un transductor.
- ✓ Resolución. Es la mínima señal de cambio en la señal de entrada detectada por el transductor.
- ✓ Sensibilidad. Es la relación que existe entre la entrada y la salida del transductor.
- ✓ Error. Es la variación existente entre el valor real de la señal y el valor registrado por el transductor.
- ✓ Exactitud. Es la capacidad de reproducir la misma señal de salida a la misma señal real de entrada suponiendo un error constante del transductor.
- ✓ Histéresis. Es la exactitud en la señal de salida considerando si los cambios en la señal de entrada son por incrementos o por decrementos de valor.
- ✓ Linealidad. Es la exactitud que se obtiene en el intervalo de operación del transductor.
- ✓ Estabilidad. Es la garantía de exactitud durante el mayor periodo de tiempo de uso del transductor.
- ✓ Acoplamiento. Se refiere a la impedancia de salida del transductor que afecta el circuito en el que se conecta.

### 1.8. Sensor Infrarrojo

El sensor es un dispositivo electrónico/mecánico/químico que mapea un atributo ambiental resultando una medida cuantizada, normalmente un nivel de tensión eléctrica.



**Figura 14 Esquema Sensor infrarrojo**

Particularmente, el sensor infrarrojo es un dispositivo opto electrónico capaz de medir la radiación electromagnética infrarroja de los cuerpos en su campo de visión. Todos los cuerpos

reflejan una cierta cantidad de radiación, esta resulta invisible para nuestros ojos pero no para estos aparatos electrónicos, ya que se encuentran en el rango del espectro justo por debajo de la luz visible.

### **1.9. Sensor de temperatura**

Los sensores de temperatura son dispositivos que transforman los cambios de temperatura en cambios en señales eléctricas que son procesados por equipo eléctrico o electrónico.

Hay tres tipos de sensores de temperatura, los termistores, los RTD y los termopares. El sensor de temperatura, típicamente suele estar formado por el elemento sensor, de cualquiera de los tipos anteriores, la vaina que lo envuelve y que está rellena de un material muy conductor de la temperatura, para que los cambios se transmitan rápidamente al elemento sensor y del cable al que se conectarán el equipo electrónico.



**Figura 15 Sensor de temperatura**

### **1.10. Termistor**

El termistor está basado en que el comportamiento de la resistencia de los semiconductores es variable en función de la temperatura.

Existen los termistores tipo NTC y los termistores tipo PTC. En los primeros, al aumentar la temperatura, disminuye la resistencia. En los PTC, al aumentar la temperatura, aumenta la resistencia.

El principal problema de los termistores es que no son lineales según la temperatura por lo que es necesario aplicar fórmulas complejas para determinar la temperatura según la corriente que circula y son complicados de calibrar.

### **1.11. RTD (resistance temperature detector)**

Un RTD es un sensor de temperatura basado en la variación de la resistencia de un conductor con la temperatura.

Los metales empleados normalmente como RTD son platino, cobre, níquel y molibdeno.

De entre los anteriores, los sensores de platino son los más comunes por tener mejor linealidad, más rapidez y mayor margen de temperatura.

### **1.12. Termopar**

El termopar, también llamado termocupla y que recibe este nombre por estar formado por dos metales, es un instrumento de medida cuyo principio de funcionamiento es el efecto termoeléctrico.

Un material termoeléctrico permite transformar directamente el calor en electricidad, o bien generar frío cuando se le aplica una corriente eléctrica.

El termopar genera una tensión que está en función de la temperatura que se está aplicando al sensor. Midiendo con un voltímetro la tensión generada, conoceremos la temperatura.

Los termopares tienen un amplio rango de medida, son económicos y están muy extendidos en la industria. El principal inconveniente estriba en su precisión, que es pequeña en comparación con sensores de temperatura RTD o termistores.

### **1.13. Sensor final de carrera**

Dentro de los componentes electrónicos, se encuentra el final de carrera o sensor de contacto (también conocido como interruptor de límite), son dispositivos eléctricos, neumáticos o mecánicos situados al final del recorrido o de un elemento móvil, como por ejemplo una cinta transportadora, con el objetivo de enviar señales que puedan modificar el estado de un circuito.



**Figura 16 Sensor Fin de Carrera**

Internamente pueden contener interruptores normalmente abiertos (NA), cerrados (NC) o conmutadores dependiendo de la operación que cumplan al ser accionados, de ahí la gran variedad de finales de carrera que existen en mercado.

Los finales de carrera están fabricados en diferentes materiales tales como metal, plástico o fibra de vidrio.

Estos sensores tienen dos tipos de funcionamiento: modo positivo y modo negativo.

En el modo positivo el sensor se activa cuando el elemento a controlar tiene una tara que hace que el eje se eleve y conecte el objeto móvil con el contacto NC.

Cuando el muelle (resorte de presión) se rompe el sensor se queda desconectado.

El modo negativo es la inversa del modo anterior, cuando el objeto controlado tiene un saliente que empuje el eje hacia abajo, forzando el resorte de copa y haciendo que se cierre el circuito. En este modo cuando el muelle falla y se rompe permanece activado.

#### **1.14. Motores**

El motor de corriente continua (denominado también motor de corriente directa, motor CC o motor DC) es una máquina que convierte la energía eléctrica en mecánica, provocando un movimiento rotatorio, gracias a la acción que se genera del campo magnético.

Una máquina de corriente continua (generador o motor) se compone principalmente de dos partes. El estator da soporte mecánico al aparato y contiene los devanados principales de la máquina, conocidos también con el nombre de polos, que pueden ser de imanes permanentes o devanados con hilo de cobre sobre núcleo de hierro. El rotor es generalmente de forma cilíndrica, también devanado y con núcleo, alimentado con corriente directa mediante escobillas fijas (conocidas también como carbones).

El principal inconveniente de estas máquinas es el mantenimiento, muy caro y laborioso, debido principalmente al desgaste que sufren las escobillas al entrar en contacto con las delgas.

Algunas aplicaciones especiales de estos motores son los motores lineales, cuando ejercen tracción sobre un riel, o bien los motores de imanes permanentes. Los motores de corriente continua (CC) también se utilizan en la construcción de servomotores y motores paso a paso. Además existen motores de CC sin escobillas. Llamados brushless utilizados en el aeromodelismo por su bajo torque y su gran velocidad.

Es posible controlar la velocidad y el par de estos motores utilizando técnicas de control de motores CD.

Según la ley de Fuerza simplificada, cuando un conductor por el que pasa una corriente eléctrica se sumerge en un campo magnético, el conductor sufre una fuerza perpendicular al plano formado por el campo magnético y la corriente, siguiendo la regla de la mano derecha. Es importante recordar que para un generador se usará la regla de la mano derecha mientras que para un motor se usará la regla de la mano izquierda para calcular el sentido de la fuerza.

$$F = B \cdot L \cdot I$$

- ✓ F: Fuerza en newtons
- ✓ I: Intensidad que recorre el conductor en amperios
- ✓ L: Longitud del conductor en metros
- ✓ B: Densidad de campo magnético o densidad de flujo teslas

El rotor tiene varios repartidos por la periferia. A medida que gira, la corriente se activa en el conductor apropiado.

Normalmente se aplica una corriente con sentido contrario en el extremo opuesto del rotor, para compensar la fuerza neta y aumentar el momento.



**Figura 17 Motor DC**

#### 1.14.1. Servomotores

Un servomotor (también llamado servo) es un dispositivo similar a un motor de corriente continua que tiene la capacidad de ubicarse en cualquier posición dentro de su rango de operación, y mantenerse estable en dicha posición.<sup>1</sup>

Un servomotor es un motor eléctrico que puede ser controlado tanto en velocidad como en posición.

Es posible modificar un servomotor para obtener un motor de corriente continua que, si bien ya no tiene la capacidad de control del servo, conserva la fuerza, velocidad y baja inercia que caracteriza a estos dispositivos.

### **Características**

Está conformado por un motor, una caja reductora y un circuito de control. También potencia proporcional para cargas mecánicas. Un servo, por consiguiente, tiene un consumo de energía reducido.

La corriente que requiere depende del tamaño del servo. Normalmente el fabricante indica cuál es la corriente que consume. La corriente depende principalmente del par, y puede exceder un amperio si el servo está enclavado.

En otras palabras, un servomotor es un motor especial al que se ha añadido un sistema de control (tarjeta electrónica), un potenciómetro y un conjunto de engranajes. Con anterioridad los servomotores no permitían que el motor girara 360 grados, solo aproximadamente 180; sin embargo, hoy en día existen servomotores en los que puede ser controlada su posición y velocidad en los 360 grados. Los servomotores son comúnmente usados en modelismo como aviones, barcos, helicópteros y trenes para controlar de manera eficaz los sistemas motores y los de dirección.

### **Control**

Los servomotores hacen uso de la modulación por ancho de pulsos (PWM) para controlar la dirección o posición de los motores de corriente continua. La mayoría trabaja en la frecuencia de los cincuenta Hertz, así las señales PWM tendrán un periodo de veinte milisegundos. La electrónica dentro del servomotor responderá al ancho de la señal modulada. Si los circuitos dentro del servomotor reciben una señal de entre 0,5 a 1,4 milisegundos, éste se moverá en sentido horario; entre 1,6 a 2 milisegundos moverá el servomotor en sentido antihorario; 1,5 milisegundos representa un estado neutro para los servomotores estándares.

Esta clase de motor no es muy usado en las industrias ni en los trabajos mecánicos por su precio y el coste del control. Esta tendencia va a menos a medida que dichos aspectos van reduciendo su coste.



**Figura 18 Servomotor**

#### **1.14.2. Motores pasó a paso**

El motor a paso es un dispositivo electromecánico que convierte una serie de impulsos eléctricos en desplazamientos angulares discretos, lo que significa que es capaz de avanzar una serie de grados (paso) dependiendo de sus entradas de control. El motor paso a paso se comporta de la misma manera que un conversor digital-analógico (D/A) y puede ser gobernado por impulsos procedentes de sistemas lógicos.

Este motor presenta las ventajas de tener precisión y repetitividad en cuanto al posicionamiento. Entre sus principales aplicaciones destacan como motor de frecuencia variable, motor de corriente continua sin escobillas, servomotores y motores controlados digitalmente.



**Figura 19. Motor pasó a paso**

#### **Tipos de motores pasó a paso.**

Existen 3 tipos fundamentales de motores paso a paso: el motor de reluctancia variable, el motor de magnetización permanente, y el motor híbrido.

### **El motor de pasos de reluctancia variable (VR)**

Tiene un rotor multipolar de hierro y un estator devanado laminado, y rota cuando los dientes del rotor son atraídos a los dientes del estator electromagnéticamente energizados. La inercia del rotor de un motor de paso de reluctancia variable es pequeña y la respuesta es muy rápida, pero la inercia permitida de la carga es pequeña. Cuando los devanados no están energizados, el par estático de este tipo de motor es cero. Generalmente, el paso angular de este motor de paso de reluctancia variable es de  $15^\circ$ .

### **El motor de pasos de rotor de imán permanente**

Permite mantener un par diferente de cero cuando el motor no está energizado. Dependiendo de la construcción del motor, es típicamente posible obtener pasos angulares de  $7.5, 11.25, 15, 18, 45$  o  $90^\circ$ . El ángulo de rotación se determina por el número de polos en el estator.

### **El motor de pasos híbrido**

Se caracteriza por tener varios dientes en el estator y en el rotor, el rotor con un imán concéntrico magnetizado axialmente alrededor de su eje. Se puede ver que esta configuración es una mezcla de los tipos de reluctancia variable e imán permanente. Este tipo de motor tiene una alta precisión y alto par, se puede configurar para suministrar un paso angular tan pequeño como  $1.8^\circ$ .

### **Motores pasó a paso unipolar**

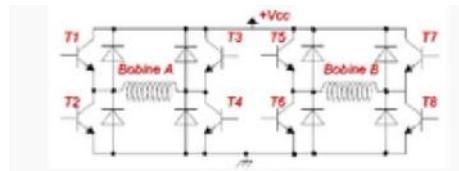
Estos motores suelen tener 5 o 6 cables de salida dependiendo de su conexión interna. Este tipo se caracteriza por ser más simple de controlar, estos utilizan un cable común a la fuente de alimentación y posteriormente se van colocando las otras líneas a tierra en un orden específico para generar cada paso, si tienen 6 cables es porque cada par de bobinas tienen un común separado, si tiene 5 cables es porque las cuatro bobinas tienen un polo común; un motor unipolar de 6 cables puede ser usado como un motor bipolar si se deja las líneas del común al aire.

### **Motores pasó a paso Bipolares**

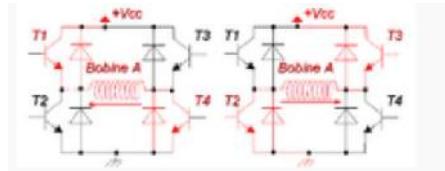
Estos tienen generalmente 4 cables de salida. Necesitan ciertos trucos para ser controlados debido a que requieren del cambio de dirección de flujo de corriente a través de las bobinas en la secuencia apropiada para realizar un movimiento.

### Control de motores paso a paso

Para el control del motor paso a paso de este tipo (bipolar), se establece el principio de "Puente H", si se activan T1 y T4, permiten la alimentación en un sentido; si cambiamos el sentido de la alimentación activando T2 y T3, cambiaremos el sentido de alimentación y el sentido de la corriente.



**Figura 20 Topología de "puente en H" para las bobinas Ay B**



**Figura 21 Variación de la alimentación de corriente de la bobina A según los Transistores T1, T2, T3, T4**

### Velocidad de rotación

La velocidad de rotación viene definida por la ecuación:

$$N = 60 * \frac{f}{n}$$

Dónde:

- ✓ f: frecuencia del tren de impulsos
- ✓ n: nº de polos que forman el motor

Si bien hay que decir que para estos motores, la máxima frecuencia admisible suele estar alrededor de los 625 Hz, en caso de que la frecuencia de pulsos sea demasiado elevada, el motor puede reaccionar en alguna de las siguientes maneras:

- ✓ No realizar ningún movimiento en absoluto.
- ✓ Comenzar a vibrar pero sin llegar a girar.
- ✓ Girar erráticamente.

- ✓ Girar en sentido opuesto.
- ✓ Perder potencia

Como ayuda es recomendable que también se coloque a disposición un simulador o circuito para probar estos motores paso a paso para descartar fallas en ello.

## **1.15. Elementos mecánicos**

### **1.15.1. Ejes**

Un eje es un elemento constructivo destinado a guiar el movimiento de rotación a una pieza o de un conjunto de piezas, como una rueda o un engranaje. Un eje se aloja por un diámetro exterior al diámetro interior de un agujero, como el de cojinete o un cubo, con el cual tiene un determinado tipo de ajuste. En algunos casos el eje es fijo —no gira— y un sistema de rodamientos o de bujes insertas en el centro de la pieza permite que ésta gire alrededor del eje. En otros casos, la rueda gira solidariamente al eje y el sistema de guiado se encuentra en la superficie que soporta el eje.



**Figura 22 Eje**

### **1.15.2. Engranajes**

Se denomina engranaje al mecanismo utilizado para transmitir potencia de un componente a otro dentro de una máquina. Los engranajes están formados por dos ruedas dentadas, de las cuales la mayor se denomina *corona* y la menor *piñón*. Un engranaje sirve para transmitir movimiento circular mediante el contacto de ruedas dentadas. Una de las aplicaciones más importantes de los engranajes es la transmisión del movimiento desde el eje de una fuente de energía, como puede ser un motor de combustión interna o un motor eléctrico, hasta otro eje situado a cierta distancia y que ha de realizar un trabajo. De manera que una de las ruedas está conectada por la fuente de energía y es conocida como engranaje motor y la otra está conectada al eje que debe recibir el movimiento del eje motor y que se denomina engranaje conducido.<sup>1</sup> Si el sistema está compuesto de más de un par de ruedas dentadas, se denomina tren.

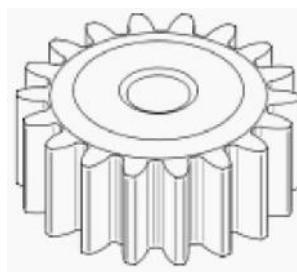
La principal ventaja que tienen las transmisiones por engranaje respecto de la transmisión por poleas es que no patinan como las poleas, con lo que se obtiene exactitud en la relación de transmisión.



**Figura 23 Engranajes**

### **1.15.3. Tipos de engranajes**

La principal clasificación de los engranajes se efectúa según la disposición de sus ejes de rotación y según los tipos de dentado. Según estos criterios existen los siguientes tipos de engranajes:



**Figura 24 Piñón recto de 18 dientes**

#### **Ejes paralelos**

- ✓ Cilíndricos de dientes rectos
- ✓ Cilíndricos de dientes helicoidales
- ✓ Doble helicoidales

#### **Ejes perpendiculares**

- ✓ Helicoidales cruzados
- ✓ Cónicos de dientes rectos
- ✓ Cónicos de dientes helicoidales

- ✓ Cónicos hipoides
- ✓ De rueda y tornillo sin fin

#### **Por aplicaciones especiales**

- ✓ Planetarios
- ✓ Interiores de cremallera

#### **Por forma de transmitir el movimiento**

- ✓ Transmisión simple
- ✓ Transmisión con engranaje loco
- ✓ Transmisión compuesta.

#### **Por transmisión mediante cadena o polea dentada**

- ✓ Mecanismo piñón cadena
- ✓ Polea dentada

#### **1.15.4. Caja reductor de velocidad**

Los reductores de velocidad son mecanismos que transmiten movimiento entre un eje que rota a alta velocidad, generalmente un motor, y otro que rota a menor velocidad, por ejemplo una herramienta. Se componen de juegos de engranajes de diámetros diferentes o bien de un tornillo sin fin y corona.

El reductor básico está formado por mecanismo de tornillo sin fin y corona. En este tipo de mecanismo el efecto del rozamiento en los flancos del diente hace que estos engranajes tengan los rendimientos más bajos de todas las transmisiones; dicho rendimiento se sitúa entre un 40 y un 90% aproximadamente, dependiendo de las características del reductor y del trabajo al que está sometido. Factores que elevan el rendimiento:

- ✓ Ángulos de avance elevados en el tornillo.
- ✓ Rozamiento bajo (buena lubricación) del equipo.
- ✓ Potencia transmitida elevada.
- ✓ Relación de transmisión baja (factor más determinante).

Existen otras disposiciones para los engranajes en los reductores de velocidad, estas se denominan conforme a la disposición del eje de salida (eje lento) en comparación con el eje de entrada (eje rápido). Así pues serían los llamados reductores de velocidad de engranajes coaxiales, paralelos, ortogonales y mixtos (paralelos + sin fin corona). En

los trenes coaxiales, paralelos y ortogonales se considera un rendimiento aproximado del 97-98%, en los mixtos se estima entre un 70% y un 90% de rendimiento.

Además, existen los llamados reductores de velocidad de disposición epicicloidal, técnicamente son de ejes coaxiales y se distinguen por su formato compacto, alta capacidad de trasmisión de par y su extrema sensibilidad a la temperatura.

Las cajas reductoras suelen fabricarse en fundición gris dotándola de retenes para que no salga el aceite del interior de la caja.



**Figura 25 Mecanismo reductor básico**

### **Características de los reductores**

- ✓ Potencia, en Kw o en Hp, de entrada y de salida.
- ✓ Velocidad, en RPM, de entrada y de salida.
- ✓ Velocidad a la salida.(RPM)
- ✓ Relación de transmisión<sup>24</sup>
- ✓ Factor de seguridad o de servicio (Fs)
- ✓ Par transmitido (Mn1- Eje rápido) (Mn2-Eje lento)

### **1.16. Resortes**

Se conoce como resorte a un operador elástico capaz de almacenar energía y desprendérse de ella sin sufrir deformación permanente cuando cesan las fuerzas o la tensión a las que es sometido, en la mecánica son conocidos erróneamente como "muelle", varían así de la región o cultura. Se fabrican con materiales muy diversos, tales como acero al carbono, acero inoxidable, acero al cromo-silicio, cromo-vanadio, bronce, plástico, entre otros, que presentan propiedades elásticas y con una gran diversidad de formas y dimensiones.

Tienen gran cantidad de aplicaciones, desde cables de conexión hasta disquetes, productos de uso cotidiano, herramientas especiales o suspensiones de vehículos y sillas plegables. Su propósito, con frecuencia, se adapta a las situaciones en las que se requiere aplicar una fuerza

y que esta sea retornada en forma de energía. Siempre están diseñados para ofrecer resistencia o amortiguar las solicitudes externas.



**Figura 26** Resortes

#### **1.16.1. Tipos de resortes**

De acuerdo a las fuerzas o tensiones que puedan soportar, se distinguen tres tipos principales de resortes:

##### **Resortes de tracción**

Estos resortes soportan exclusivamente fuerzas de tracción y se caracterizan por tener un gancho en cada uno de sus extremos, de diferentes estilos: inglés, alemán, catalán, giratorio, abierto, cerrado o de dobles espira. Estos ganchos permiten montar los resortes de tracción en todas las posiciones imaginables.

##### **Resortes de compresión**

Estos resortes están especialmente diseñados para soportar fuerzas de compresión. Pueden ser cilíndricos, cónicos, bicónicos, de paso fijo o cambiante.

##### **Resortes de torsión**

Son los resortes sometidos a fuerzas de torsión (momentos).

Existen resortes que pueden operar tanto a tracción como a compresión. También existen una gran cantidad de resortes que no tienen la forma de resorte habitual; quizás la forma más conocida es la arandela grower.

#### **1.17. Cintas transportadoras**

Para comenzar a conocer las cintas transportadoras es necesario conocer una breve pero clara definición de lo que son estos equipos. Inicialmente debemos comprender que ellas son sistemas de transporte que funcionan de

manera continua y que se encuentran formadas de forma general por bandas que son movidas por medio de dos tambores.

Dentro de estas cintas transportadoras podemos encontrar dos tipos o clasificaciones. La primera de ellas es la banda usada para transportar peso ligero y la segunda para trabajo pesado.

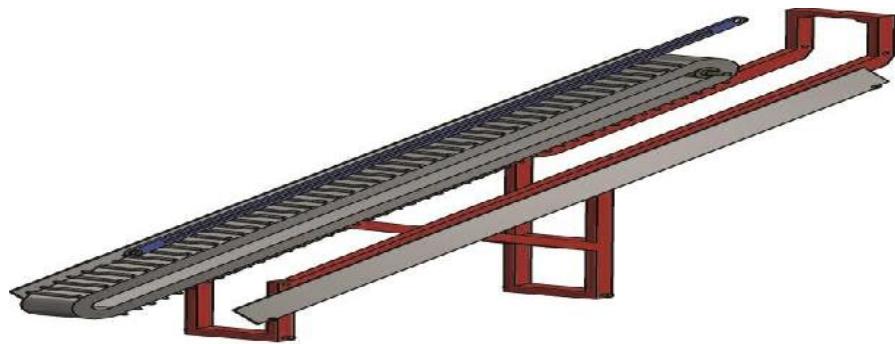
Así mismo debes entender el funcionamiento del equipo el cual es arrastrado, la banda, haciendo uso de la fricción que ejerce un tambor. De los dos tambores solo uno es accionado gracias a un motor mientras que el otro lo que hace es girar de manera libre. Lo que hace el tambor que no maneja accionamiento es funcionar como pieza de retorno de la banda. De esta forma y cuando sobre la banda en movimiento ponemos algún material lo que ocurre es que este es llevado en dirección hacia el tambor que se acciona con motor. Al llegar a este punto el material es recogido y la banda gira para regresar en el sentido contrario.

Podemos decir que el uso general de este sistema es transportar elementos de un sitio a otro. Pero cuáles son las industrias o ambientes en las que mayormente se les da uso. Pues los siguientes son algunos ejemplos de ellos: Las cintas transportadoras generalmente se encuentran en la industria agrícola, para ayudar a transportar materia granulada como cereal, granos, etc. Así mismo se usa en la manufacturación industrial para transportar minerales así como carbón. De igual forma debes considerar que las cintas transportadoras no solo se usan en la industria sino en espacios comunes como hospitales, para transportar a las personas por bandas o escaleras eléctricas.

Otros usos de estas cintas se evidencian en la carga de buques y también en su descarga.

Nos permiten transportar los materiales u objetos tanto a corta como largas distancias. Así mismo las cintas transportadoras se adaptan fácilmente a los terrenos, su capacidad es alta y variada y lo mejor es que permite la carga de materiales pero también descarga según lo planeado.

De igual forma debe considerarse que es un sistema no estático, no cambia el producto y permite aumentar la producción.



**Figura 27 Banda transportadora**

### **1.17.1. Partes de las cintas transportadoras**

#### **Bandas transportadoras**

Son las que soportan los objetos y las cuales permiten su transporte. Estas se encuentran de varias clases, considerando su tipo de tejido, la disposición del mismo y su aspecto.

#### **Rodillos y los soportes**

En las cintas transportadoras los rodillos son fundamentales ya que gracias a ellos es que el sistema se activa, debido al giro de los mismos. Los rodillos además cumplen como función el soporte de la banda, al centrando de la misma y además al soporte del material.

#### **Tensores**

Estos dispositivos son esenciales también en el equipo ya que son los que permiten que el contacto entre banda y tambor de acción sea el adecuado. Así mismo evita que los objetos se derramen por los costados y mantienen la tensión en el ramal.

#### **Los Bastidores**

Dan el soporte necesario a la banda y por ende soportan también a los rodillos y el material.

Los reductores suspendidos y clásicos.

### **1.17.2. Características compartidas**

Las cintas transportadoras se diferencian unas de otras, según su tipo pero entre ellas comparten ciertos rasgos.

Estas cintas normalmente funcionan de manera mecanizada y en muchas ocasiones

hasta automatizada.

Así mismo establecen rutas dentro de los procesos de transporte y por ello se ubican en sitios fijos, pero evidentemente pueden cambiarse. Las cintas transportadoras generalmente se ubican sobre el suelo pero también pueden posicionarse inclinadas o suspendidas.

Normalmente estos sistemas manejan un flujo fijo y en una sola dirección de cargas que pueden ser discretas o también voluminosas.

### **1.17.3. Tipos de cintas transportadoras**

#### **Cintas con rodillos**

Es una de las más comunes y usa para su funcionamiento tubos ubicados perpendicularmente.

#### **Cintas transportadoras con ruedas**

Son similares a las anteriores solo que en este caso no cuenta con rodillos sino con ruedas pequeñas. Su uso está condicionado a cargas más ligeras.

#### **Cintas planas**

Estas se encuentran en dos clases. La primera es la cinta plana para piezas y la segunda es la cinta hueca usada para material en masa.

#### **Otros tipos**

Finalmente y si bien las **cintas transportadoras** anteriores son las más populares hay otras que debes conocer.

Las cintas transportadoras con cadenas que usan lazos de cadena para su funcionamiento, están las cintas con listones que usan plataformas individuales conectadas a una sola cadena y están las cintas aéreas de carros que usan un soporte con ruedas para transportarse sobre un rail elevado.

## **1.18. Controladores lógicos programables (PLC)**

Es un dispositivo electrónico de control de procesos y se basa en una lógica, definida a través de un programa de computación.

Su historia se remonta a finales de la década de 1960, cuando la industria buscó en las nuevas tecnologías electrónicas una solución más eficiente para reemplazar los sistemas de control basados en circuitos eléctricos con relés, interruptores y otros componentes comúnmente utilizados para el control de los sistemas de lógica convencional

### **1.18.1. Funcionamiento de un PLC**

Un PLC o controlador lógico programable es un dispositivo electrónico utilizado para controlar de forma automática distintos procesos o máquinas.

Estos PLC son computadoras capaces de automatizar procesos electromecánicos. Son muy utilizados en muchas industrias y máquinas. Estas computadoras son de fácil manejo por el operador, robustas, flexibles y económicas.

Básicamente un PLC es capaz de ejecutar una acción (por ejemplo accionar un motor) dependiendo de la señal que reciba de otro proceso. Un ejemplo es se terminó de cortar las barras, por lo que al PLC le llega una señal de que haga funcionar el motor para que la cinta transportadora empiece a funcionar y transporte las barras cortadas.

### **1.18.2. Arquitectura de un PLC**

#### **Unidad central de proceso (CPU)**

Este bloque es el encargado de consultar el estado de las entradas para que luego extraiga de la memoria del programa los pasos a seguir para elaborar las señales de salida.

#### **Memoria interna**

Esta memoria es la encargada de mantener los datos que van surgiendo en los procesos intermedios que luego no se ven reflejados en la salida.

#### **Interfaces de entrada y salida**

Establecen la comunicación entre el PLC y la planta o procesos de los cuales recibe información y a los cuales les envía las señales de salida.

En los módulos de entrada pueden ser conectados distintos dispositivos externos tales como:

- ✓ Sensores inductivos, capacitivos, ópticos
- ✓ Interruptores
- ✓ Pulsadores
- ✓ Llaves
- ✓ Finales de carrera
- ✓ Detectores de proximidad

En los módulos de salida pueden ser conectados dispositivos externos para actuar directamente en el proceso tales como:

- ✓ Contactores
- ✓ Electroválvulas
- ✓ Variadores de velocidad
- ✓ Alarmas

### **1.18.3. Ventajas del uso de un PLC**

Las ventajas en el uso del PLC comparado con sistemas basados en relé o sistemas electromecánicos son:

- ✓ Flexibilidad: Posibilidad de reemplazar la lógica cableada de un tablero o de un circuito impreso de un sistema electrónico, mediante un programa que corre en un PLC.
- ✓ Tiempo: Ahorro de tiempo de trabajo en las conexiones a realizar, en la puesta en marcha y en el ajuste del sistema.
- ✓ Cambios: Facilidad para realizar cambios durante la operación del sistema.
- ✓ Confiabilidad
- ✓ Espacio
- ✓ Modularidad
- ✓ Estandarización
- ✓ El PLC corresponde a sus siglas en inglés que es: “Programmable Logic Controller”, el cual en su correspondencia al idioma español significa “Controlador Lógico Programable”. Es decir, el PLC es un dispositivo de tipo electrónico que se diseña para un aparato pueda controlar precisamente toda secuencia de operaciones de manera automática.
- ✓ En los sectores donde se usa con mucha frecuencia este tipo de PLC es en la industria. Suele implementarse también en algunos comercios. Y es que de acuerdo a las funciones que estos tienen es ideal en esos sectores su aplicación. Las actividades que realizan los PLC se centran básicamente en monitorear todo tipo de señales que se emitan en los aparatos eléctricos para controlar las acciones.
- ✓ Digamos que son una especie de computadoras, solo que más potentes que las personales, es decir, se les llama computadores industriales. Las

características de estos naturalmente corresponden a las necesidades particulares de la industria. Además, estos equipos requieren ser más potentes en cuanto al uso de energía y programas, toda vez que se hacen a gran escala.

#### **1.18.4. Tipos de PLC**

##### **PLC de Banda baja**

Desde el punto de vista operativo, tienen la capacidad de trabajar con una alta velocidad, además el rango de alcance de frecuencia es muy alto. Se usa con mucha frecuencia en los hogares por los beneficios antes mencionados que ofrece. Además, resulta ser económico a comparación de otros tipos de PLC y su estructura no es muy grande.

##### **PLC de Banda estrecha**

De acuerdo a sus características, este modelo de PLC es capaz de operar con una baja frecuencia y al mismo tiempo tener un rendimiento óptimo de rango de hasta un promedio de un kilómetro. Una manera de aumentar la eficiencia en receptividad es usando lo que se llaman “repetidores” que son fáciles de instalar junto con los PLC

##### **PLC Compacto**

Se componen de un CPU, una fuente de alimentación eléctrica potente así como los dispositivos de entrada y salida necesarios, generalmente hasta unas 500; estos últimos, se encontrarán indistintamente en lo que es el módulo principal del propio PLC. Permite la posibilidad de adaptarse a otros módulos con características y funcionamientos especiales.

##### **PLC Grande**

Es un PLC ideal para grandes industrias que realizan potentes operaciones de manera cotidiana. Hablamos de que estos aparatos ofrecen más de 1024 entradas y salidas. Como se puede comprender es un aparato potente que amplía las posibilidades de controlar las operaciones de una empresa sobre todo en los cuartos de máquinas.

##### **PLC Mediano**

En relación al número de entradas y salidas que ofrece este dispositivo, se sabe que están entre 256 a 1023 entradas. Evidentemente además del tamaño un poco grande, ofrece a la industria la posibilidad de manejar grandes recursos de información de

manera simultánea controlando de manera eficaz, las operaciones de acuerdo a como esté programado este tipo de PLC.

### **Micro PLC**

Estos aparatos ofrecen en su dispositivo la posibilidad de ofrecer una capacidad máxima de 64 entradas y salidas de manera simultánea. Lo que hacen al igual que el resto de los PLC es tener la tarea de recopilar toda serie de información a través de estos aparatos que disponen de unas fuentes digitales. Toda esta información además de recolectarla sirve para realizar operaciones específicas.

### **PLC Nano**

Una de las principales características que ofrece este tipo de PLC, es que resultan ampliamente económicos para el sector industrial. Son sencillos en su diseño y funcionamiento aunque altamente importantes. Los componentes con los que cuentan son desde el punto de vista básico el CPU, la fuente de alimentación de energía y las entradas y salidas correspondientes.

### **PLC Pequeño**

Abarca en su capacidad de almacenamiento y estructura, con la posibilidad de manejar de 65 hasta 255 entradas y salidas en los conectores para almacenar y controlar la información que se recolecta para, en el momento indicado, realice operaciones matemáticas, por ejemplo de manera rápida. Ergonómicamente resulta fácil de instalar en cualquier espacio dentro de la industria.

## **CAPITULO II**

### **DIAGNOSTICO**

#### **2.1. Descripción**

En la ciudad de potosí existen varias empresas dedicadas a la distribución de desayuno escolar entre ellas la empresa **Súper Alimentos Nutritivos Juventudes Andinas “SAN JUAN”** pero la misma es una micro empresa que aún está iniciando en el campo de los embolsados por tal motivo y debido a los precios altos de las maquinas actuales la empresa aun cuenta con máquinas antiguas mecánicas y no así automáticas esto dificulta la entrega del producto y debido a lo mecánico de estas máquinas también se les dificulta poder realizar un trabajo más óptimo en cuanto a la inocuidad de los alimentos en el momento del sellado de los productos ya que dicho proceso es muy controlado y exigido por las normas de SENASAG.

#### **2.2. Grupo de Estudio**

##### **2.2.1. Contexto interno**

Las bolsas del producto son sellados de manera manual por lo que se emplea a más personal.

La calidad de los sellados que salen a los mercados se podría mejorar estéticamente.

El sistema que realizan para los sellados de las bolsas es muy antiguo y se podrían modernizar.

Estas máquinas que realizan los sellados de forma automática son muy caras y solo algunas empresas lo tienen.

##### **2.2.2. Contexto externo**

Existen máquinas automáticas que realizan este proceso de manera automática.

Ingenieros especializados en el mantenimiento de estas máquinas.

Personal con capacitación para operar estas máquinas.

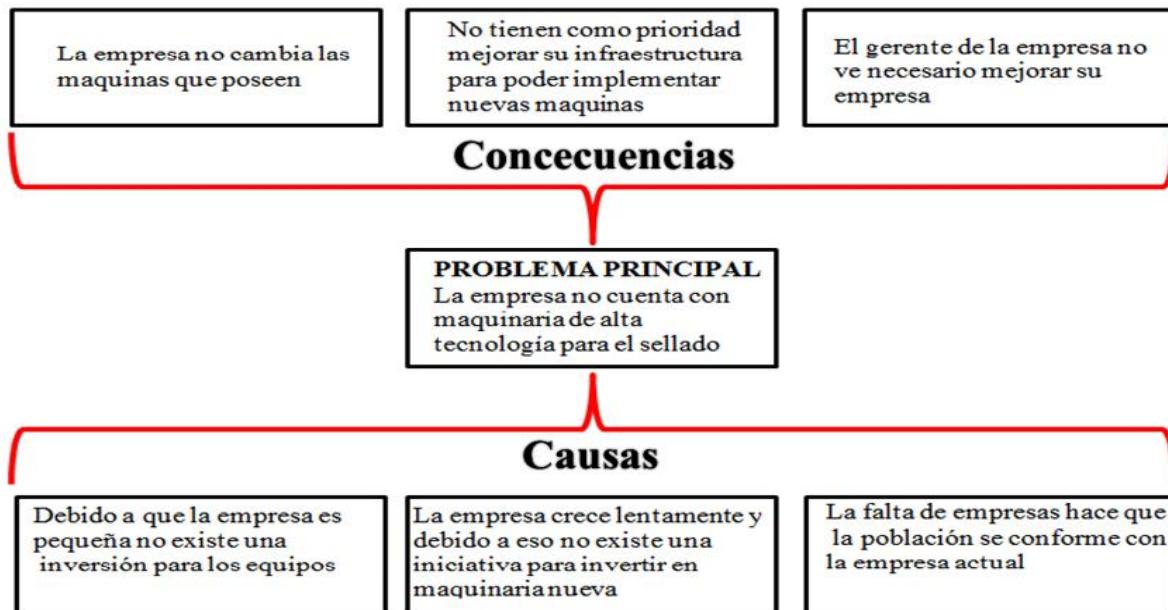
##### **2.2.3. Problemas de Investigación**

La empresa no cuenta con la tecnología para este proceso.

La infraestructura de la empresa no está acondicionada para implementar tecnología de mayor tamaño.

El personal es insuficiente para el empaquetado del producto (pan).

#### **2.3. Árbol del Problema**



## 2.4. Resultados y análisis de la entrevista

### 2.4.1. Vaciado de datos externos e internos

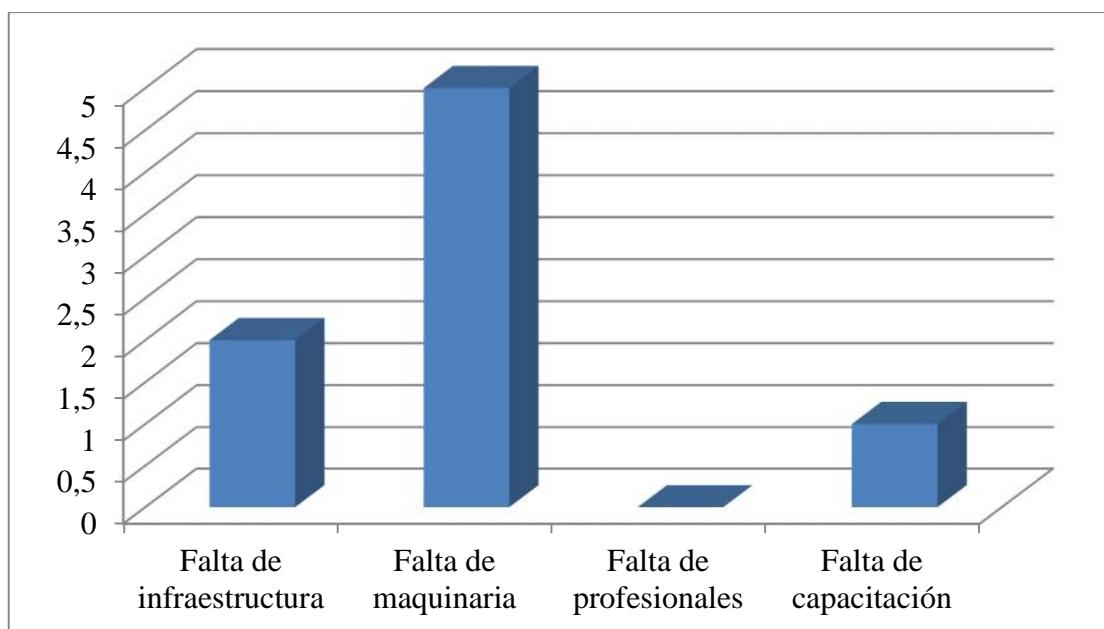
Se realizó una entrevista a cuatro empleados gerente, ingeniero y operarios los mismos ya llevan trabajando más de 5 años en la empresa por lo que ya la conocían a profundidad.

#### 1.- ¿Carece de algunas de las opciones en su empresa?

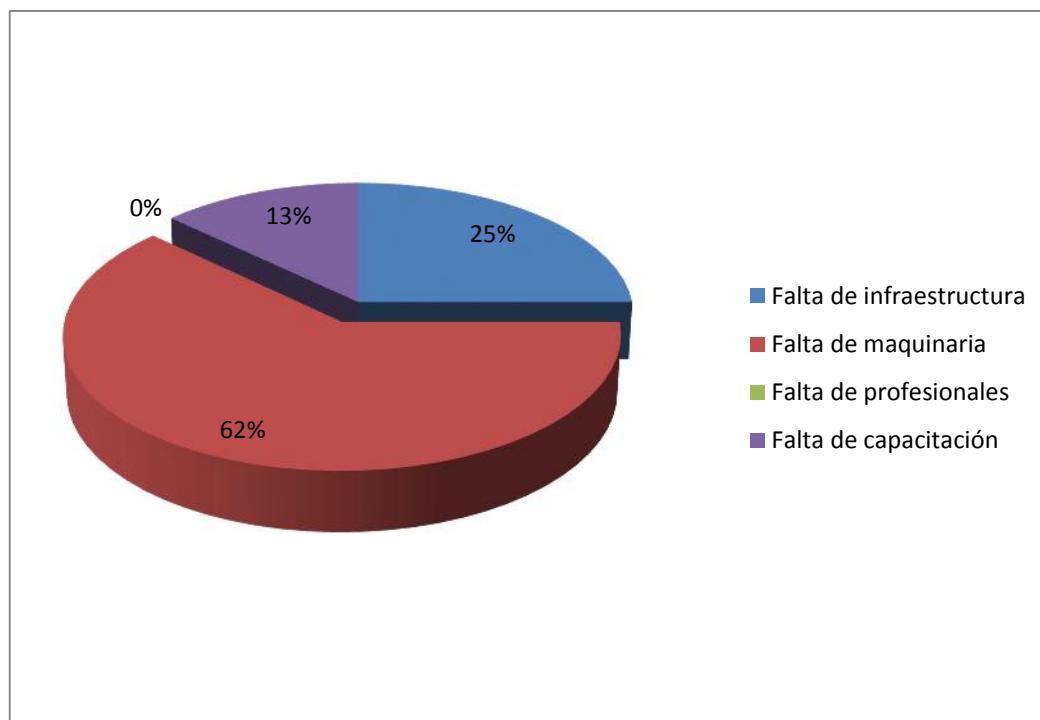
**Tabla 3**

Nº	Preguntas	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa	Frecuencia relativa porcentual hi%
	Marca de clase <b>Xi</b>	ni	hi	
1	Falta de infraestructura	2	0.25	25
2	Falta de maquinaria	5	0.62	62
3	Falta de profesionales	0	0	0
4	Falta de capacitación	1	0.13	13
<b>Total</b>		<b>8</b>	<b>1</b>	<b>100</b>

**Cuadro 1**



**Cuadro 2**



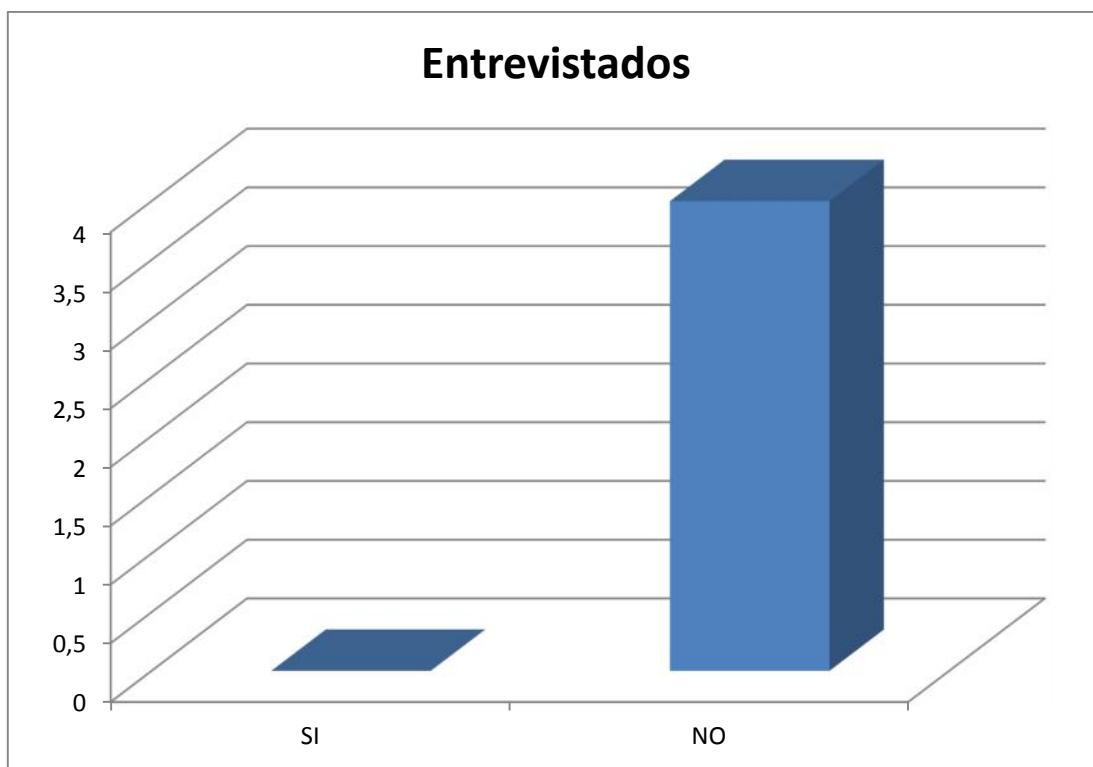
De cuatro empleados entrevistados el 62 % piensa que por la falta de maquinaria la productividad es poca.

**2.- ¿Usted está conforme con su producción anual?**

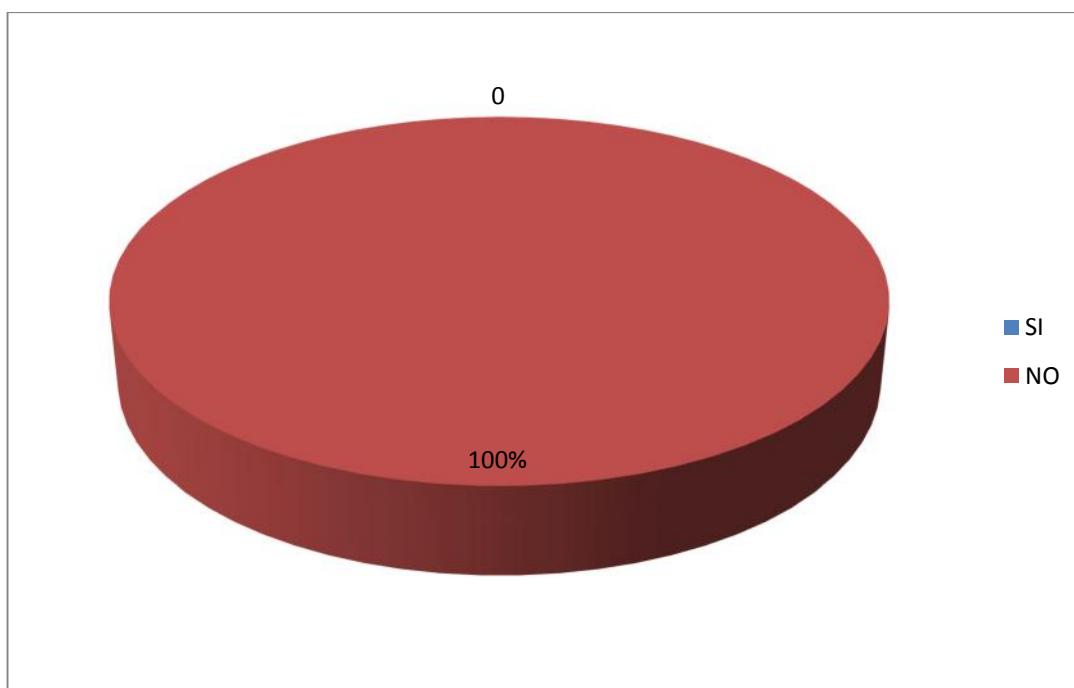
**Tabla 4**

Nº	Respuestas	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa	Frecuencia relativa porcentual hi%
	Marca de clase Xi	ni	hi	
1	<b>SI</b>	0	0	0
2	<b>NO</b>	4	1	100
<b>TOTAL</b>		<b>4</b>	<b>1</b>	<b>100</b>

**Cuadro 3**



**Cuadro 4**



De cuatro empleados el 100 % no está conforme con su producción anual debido a que es un motivo por el cual la empresa no crece.

**3.- ¿Qué sistema utiliza para el sellado de bolsas?**

**Tabla 5**

Nº	Respuestas	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa	Frecuencia relativa porcentual hi%
	Marca de clase			
	Xi	ni	hi	
1	<b>Selladora en cortina</b>	0	0	0
2	<b>Selladora en L</b>	0	0	0
3	<b>Selladora manual</b>	4	1	100
<b>Total</b>		<b>4</b>	<b>1</b>	<b>100</b>

**Cuadro 5**



**Cuadro 6**



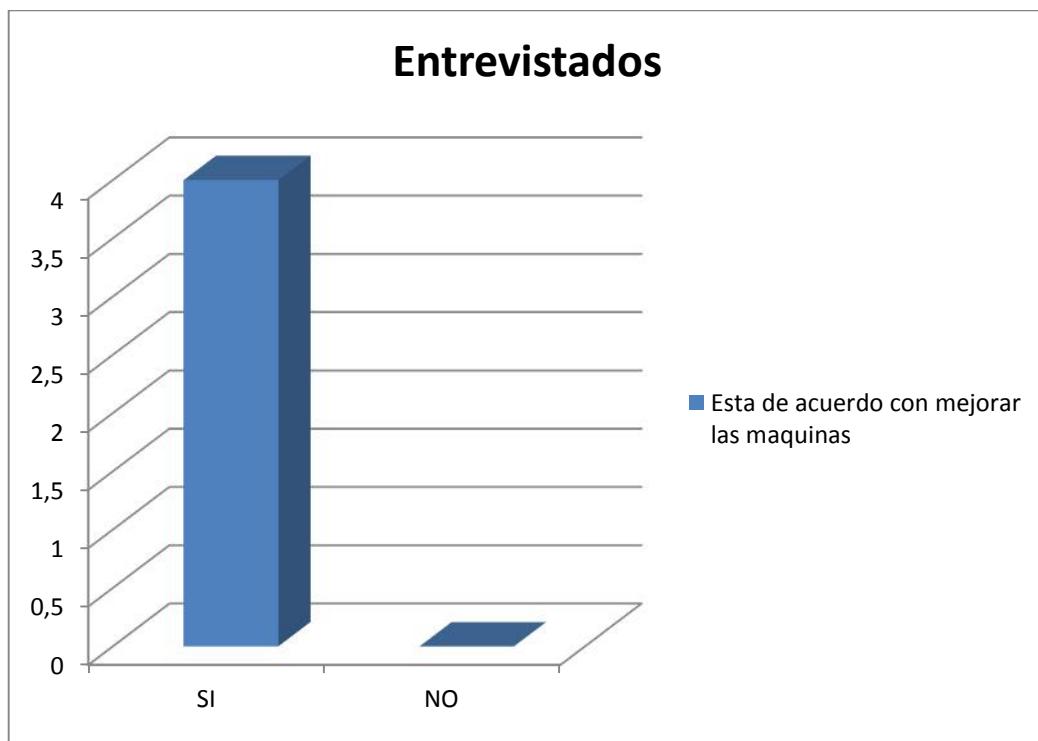
De cuatro empleados el 100 % respondió que utilizan la selladora manual por lo que se concluye que en la empresa no cuentan con automatización.

**4.- ¿Usted estaría de acuerdo con mejorar las maquinas que posee?**

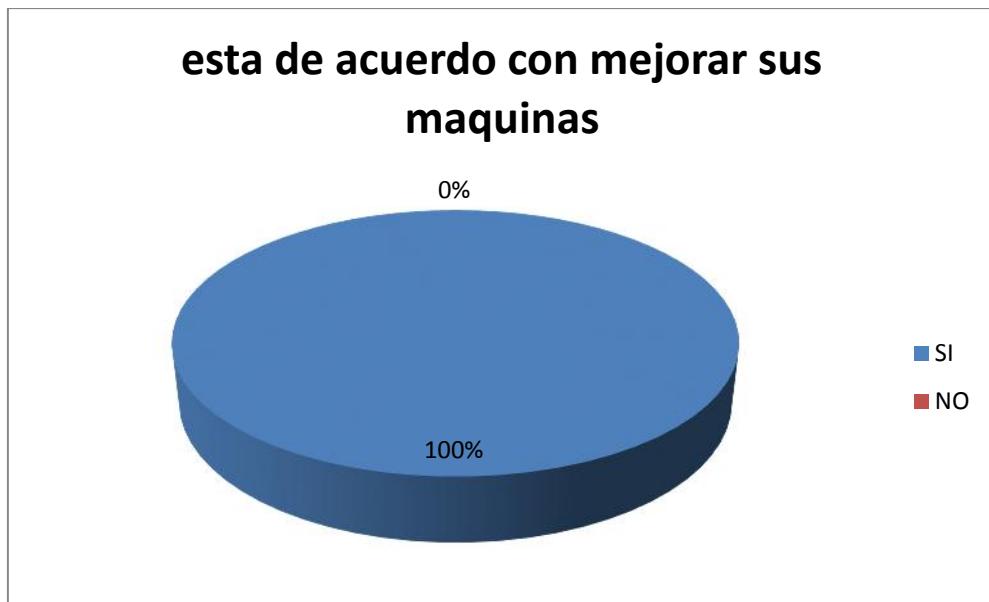
**Tabla 6**

Nº	Respuestas	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa	Frecuencia relativa porcentual
	Marca de clase		hi	
	Xi	ni		hi%
1	SI	4	1	100
2	NO	0	0	0
	<b>TOTAL</b>	4	1	100

**Cuadro 7**



**Cuadro 8**



De 4 empleados entrevistados el 100% están dispuestos a mejorar las maquinas que están a su disposición.

## CAPITULO III

### INGENIERIA DEL PROYECTO

#### **3.1. Situación actual**

Con todo lo mencionado anteriormente la empresa **Súper Alimentos Nutritivos Juventudes Andinas “SAN JUAN”** cuenta con dos personas para poder realizar el proceso de sellado de las bolsas para dicho proceso una persona se encarga específicamente de manipular la selladora manual para realizar el sellado ya que debido a que la maquina es manual la persona no puede alejarse por ningún motivo de su lugar debido a esto la segunda persona se encarga de suministrar las bolsas con el producto para que pueda existir un avance más rápido, el tiempo de sellado de una bolsa entre las dos personas es de 5 segundos, en caso de no contar con las dos personas individualmente el sellado se la hace en 30 segundos.

#### **3.2. Diseño del sistema mecánico**

Para la automatización de nuestra selladora contaremos con un sistema mecánico el cual cuenta con las siguientes partes:

##### **3.2.1. Banda transportadora**

Se tiene como base la referencia del producto, para determinar la longitud y clasificación de la cinta de banda transportadora.

Se toma la masa mayor, según tabla presentación de producto, pan trenza súper aliñado de 900 gramos

**Tabla 7**

#### **DIMENSIONES DE LA BOLSA**

<b>ANCHO</b>	<b>LARGO</b>	<b>ALTO</b>
20 cm	25 cm	8 cm

Para determinar las dimensiones de los separadores de la banda, se tiene en cuenta en ancho del producto, el cual por seguridad lo tomaremos como 25 cm y la longitud del producto de 25 cm a 30 cm

Para calcular la cinta transportadora se procede a realizar la siguiente formula.

$$\text{Longitud cinta} = L_p = 2E + \frac{\pi}{2}(D+d) + \frac{(D-d)^2}{4E}$$

Dónde:

E = Distancia entre centros

d = diámetro de la polea 1 y/o rodillo

D = diámetro de la polea 2 y/o rodillo

$$= 3,1415$$

Lp = longitud de la banda

$$Lp = 2(1900 \text{ mm}) + \frac{\pi}{2}(200 \text{ mm} + 200 \text{ mm}) + \frac{(200 \text{ mm} - 200 \text{ mm})^2}{4(1900 \text{ mm})}$$

**Lp = 4428 mm**

Calculo de los separadores para esto tomamos en cuenta la longitud de la banda y la distancia del separador.

$$\text{Separadores} = \frac{Lp}{\text{distancia de separador}}$$

$$\frac{4428 \text{ mm}}{250 \text{ mm}} = 18 \text{ separadores}$$

Tipo de banda	Cobertura superior					Cobertura inferior					Características especiales		
	Material	Dureza °ShA	Color	Espesor mm	Acabado	Material	Dureza °ShA	Color	Espesor mm	Acabado			
Keram	K40 AF	PU	93	Verde 09	1,20	Grabado A			Crudo		Tejido	∅ FDA EU ▼ ▽ □ ■ SW	
	K40 RF	PVC		Negro 03	0,10	Impregn.			Crudo		Tejido	∅ ▼ ■ SW	
	K40 UF	PU	93	Verde 09	1,00	Liso			Crudo		Tejido	∅ FDA EU ∅ ▼ ▽ □ ■ SW	
Temperatura en continuo (puntual) del producto transportado °C			Tejidos		Espesor banda	Peso banda	a 20°C A 		Carga de rotura	Carga de trabajo al 1% alargam.	Carga de trabajo al 1,5% alargam.	Ancho máx.de fabric.	Tipo de banda
			Nº de telas	Trama	mm	kg/m²	Ø mm	Ø mm	N/mm	N/mm	N/mm	mm	
-10 (-15) +80 (105)			2	Rígida	4,20	4,20	140	330	400	20	30	2000	K40 AF
-5 (-15) +80 (100)			2	Rígida	4,00	4,20	80	100	400	22	32	3000	K40 RF
-10 (-15) +80 (105)			2	Rígida	4,00	4,20	140	330	400	22	32	2000	K40 UF

**Figura 28 Catálogo de banda esvelt**

Según catalogo el metro cuadrado de la banda tiene un peso de 4,20 kg, con el cual procedemos a calcular.

$$\text{Área} = \text{lado1} * \text{lado2}$$

Lado1 = Longitud de la banda

Lado2 = ancho de la banda

$$\text{Área} = 4428 \text{ mm} * 300 \text{ mm}$$

$$\text{Área} = 1328400 \text{ mm}^2 \Rightarrow 1,3 \text{ m}^2$$

Se halla la masa de la cinta transportadora con la siguiente relación:

$$\text{Masa} = \text{área} * \text{peso de m}^2 \text{ de la banda}$$

$$\text{Masa} = 1,3 \text{ m}^2 * 4,20 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Masa} = 5,5 \text{ kg}$$

Sección	Tipo	Medidas			Material (1)	Peso g/m	Transversales		Longitudinales		Posible disposición (3)
		b mm	h mm	a mm			Paso mínimo mm	ø mínimo (2) mm	ø mínimo mm (2)	cara interna	
	NM.040-62 NM.060-62	45 55	40 60		PVC blando	640 1120		120 150			T

Figura 29 Separadora NM 060-62 marca esvelt

Se calcula la masa según tablas, especificación técnica de  $640 \frac{\text{gr}}{\text{m}}$

Son 18 separadores de la banda con una longitud de 300 mm de ancho de la banda.

Longitud de las tiras para los separadores:

$$\text{Longitud} = \text{Separadores} * \text{ancho de la banda}$$

$$\text{Longitud} = 18 * 300 \text{ mm}$$

$$\text{Longitud} = 5400 \text{ mm} \Rightarrow 5,4 \text{ m}$$

La masa total de los separadores es de:

$$\text{Masa} = \text{longitud} * 640 \frac{\text{gr}}{\text{m}}$$

$$\text{Masa} = 5,4 \text{ m} * 640 \frac{\text{gr}}{\text{m}}$$

$$\text{Masa} = 3456 \text{ gr} \Rightarrow 3,5 \text{ kg}$$

Se calcula la masa total de la banda transportadora con los separadores:

**Masa total de la banda = (masa cinta transportadora + masa de los separadores)**

$$\text{Masa total de la banda} = (5,5 \text{ kg} + 3,5 \text{ kg})$$

**Masa total de la banda = 9 kg**

Para el diseño del equipo se toma en cuenta el siguiente dato para la velocidad de la banda ya analizado.

**Velocidad = 150 unidades/min**

Teniendo este dato como referencia, se procede a calcular la velocidad tangencial del rodillo sabiendo que cada unidad de producto tiene una longitud de 250 mm por separador.

**VT = 150 unidades/min \* longitud por separador**

$$VT = 150 \text{ unidades/min} * 250 \text{ mm}$$

$$VT = 37500 \text{ m/min} \Rightarrow 0,6 \text{ m/seg}$$

Se procede a calcular la velocidad angular de la banda con la siguiente ecuación:

$$v = w * r$$

v = velocidad tangencial

r = radio del tambor del rodillo

w = velocidad angular

Se despeja w

$$w = \frac{v}{r}$$

$$w = \frac{0,6 \frac{\text{m}}{\text{seg}}}{0,1 \text{ m}}$$

$$w = 6 \frac{\text{rad}}{\text{seg}}$$

Se pasa radianes a rpm (revoluciones por minuto)

$$w = 6 \frac{\text{rad}}{\text{seg}} * \frac{1 \text{ rev}}{2 \pi \text{ rad}} * \frac{60 \text{ seg}}{1 \text{ min}}$$

$$w = 57,3 \text{ rpm}$$

Se calcula el motor con los siguientes datos:

**Tabla 8**

<b>PRODUCTO</b>	<b>PESO POR UNIDAD</b>	<b>DIMENSIONES DE LA BOLSA</b>			<b>PESO TOTAL</b>
		<b>ANCHO</b>	<b>LARGO</b>	<b>ALTO</b>	
		<b>gramos</b>			<b>10 panes</b>
Pan fortificado	40	20 cm	25 cm	8 cm	400 gramos

Según la tabla anterior la masa total en cada separador será de 400 gramos.

En 9 separadores.

Se procede a calcular la fuerza del motor con la siguiente ecuación:

$$\mathbf{F} = m * a$$

F = fuerza (Newton)

m = masa (kilogramo)

a = aceleración ( $9,8 \text{ m/seg}^2$ )

$F = (\text{separadores} * \text{peso por bolsa}) + \text{masa total de la banda} * \text{aceleración}$

$$F = [(9 * 0,9 \text{ kg}) + 9\text{kg}] * 9,8 \text{ m/seg}^2$$

$$\mathbf{F = 168 N}$$

Se calcula el torque del motor con la siguiente formula:

$$\mathbf{T = F * R}$$

T = torque

F = fuerza tangencial

R = distancia al centro de giro (Rodillo)

$$T = 168 \text{ N} * 0,1\text{m}$$

$$\mathbf{T = 16,8 N*m}$$

Se calcula la potencia requerida con la siguiente ecuación:

$$\mathbf{P = M * w}$$

P = es la potencia (Watt)

$M$  = par motor ( $N \cdot m$ )

$w$  = es la velocidad angular ( $rad/seg$ )

$$P = 16,8 \text{ (N} \cdot \text{m)} * 6 \left( \frac{\text{rad}}{\text{seg}} \right)$$

**P = 101 Watt => 0,101 KW**

### 3.3. Diseño de los sistemas eléctricos y electrónicos

#### 3.3.1. Sistema motor principal

El motor principal es el encargado de transmitir el movimiento al eje de la cinta transportadora. El control del motor se realiza con un variador de frecuencia, así el operario puede controlar el movimiento de la banda de sellado.

#### 3.3.2. Selección del motor para la cinta trasportadora

Se opta por escoger un motor reductor sin fin de corona, de referencia 2KJ1701-CD13 -J1 Motox siemens. La potencia es de 0,25 KW, la velocidad de salida 26 rpm, par torsor 63 N.m y sistema trifásico 220V AC.



**Figura 30 Moto reductor de banda transportadora**

El motor consumirá poca energía, ya que trabaja a 220 voltios, permitiendo que la intensidad de corriente sea menor en los conductores.

#### 3.3.3. Control del motor

La velocidad del motor se controla con un variador de frecuencia, que es un sistema que controla la velocidad rotacional del motor variando la frecuencia de entrada del motor y proporcionándole al motor un arranque más suave.

Para determinar la velocidad a la que gira un motor que está controlado con un variador de frecuencia se utiliza la siguiente fórmula:

$$Rpm = \frac{120*f}{p}$$

f = frecuencia de entrada al motor (Hz)

p = número de polos del estator del motor

## Variador de frecuencia

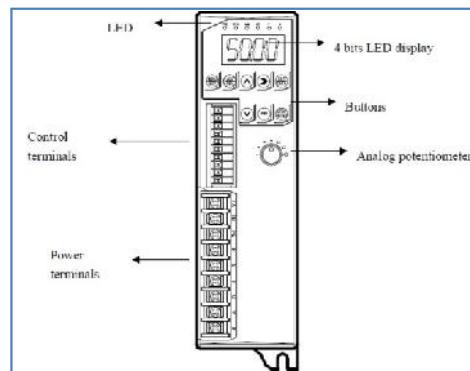
El variador de frecuencia es un sistema que consiste en un motor, un controlador y una interfaz operadora.

El control de la frecuencia se realiza por medio de elementos electrónicos de estado sólido como son diodos, diodos rectificadores controlados.

El variador cumple la función de transformar la corriente AC en DC usando un puente rectificador, luego el sistema obtiene una señal cuasi sinusoidal con la ayuda de un circuito inversor commutado, de esta manera es más fácil controlar la frecuencia de entrada.

El variador que se seleccionó tiene las siguientes características:

- ✓ Voltaje 220 V monofásico.
- ✓ Salida trifásico.
- ✓ Amperaje de salida 4.7 A.
- ✓ Potencia de trabajo del motor 0.75 KW. La potencia de trabajo debe ser mayor a la potencia del motor debido a que se considera un rango de seguridad.
- ✓ Rango de frecuencia 0 – 500 Hz.
- ✓ Resolución de la frecuencia 0.01 Hz.
- ✓ Temperatura ambiental de trabajo -20°C a 60°C.



### **Figura 31 Variador de frecuencia**

El variador de frecuencia seleccionado tiene un display de 4 caracteres en el que podemos observar la frecuencia a la que está trabajando el sistema, el potenciómetro nos permite regular la frecuencia de forma manual.

Los botones adicionales sirven para el arranque del motor, reversa, pulsos lo que nos facilita a controlar la rotación de los ejes de la máquina.

El diagrama eléctrico del sistema del motor principal se encuentra especificado en los ANEXOS.

#### **3.3.4. Sistema de sellado**

El sistema de sellado comprende las mordazas de calentamiento, la resistencia eléctrica y el control de temperatura.

#### **3.3.5. Resistencia eléctrica**

La resistencia eléctrica está ubicada en el interior de las mordazas de calentamiento, permitiendo transferir calor por conducción a los bloques de bronce (mordazas) y posteriormente a la bolsa.

La resistencia que se adecuada para el sistema de sellado es la de tipo cartucho de alta densidad, la cual es de forma cilíndrica y su conexión es por un extremo.

Este tipo de resistencia tiene larga vida y evita la oxidación del hilo calefactor incluso a altas temperaturas. Además concentra potencias elevadas en espacios reducidos.

Se eligió las resistencias para el sellado de:

- ✓ Diámetro: 10 mm
- ✓ Longitud: 300 mm
- ✓ Potencia: 200 W
- ✓ Voltaje: 220 V

#### **3.3.6. Controlador de temperatura**

El control de temperatura para el calentamiento se realiza analógicamente y su ajuste de temperatura es por perilla (termostato).

Características:

- ✓ Fuente de energía: 100-240 V. AC. 60 Hz
- ✓ Rango de temperatura: 0-120 °C

- ✓ Control ON-OFF.

La temperatura establecida en el termostato sirve de referencia para que éste permita el paso de corriente o no. Si el bulbo detecta que la temperatura de las mordazas ya llegó a la establecida con la perilla, se corta el paso de corriente y si la temperatura es inferior pasa corriente. De ésta manera se mantiene la temperatura seleccionada con la perilla y por eso se llama control ON-OFF.

El control de temperatura de las resistencias del sellado se realiza por medio de un control de temperatura digital TC4S en el cual se establecen parámetros como: Temperatura máxima, mínima, tipo de control (ON-OFF, PID), control a la salida por relé o SSR, histéresis. El sensor que emite la señal hacia el control de temperatura es un PT100 el cual consiste en un alambre de platino que a 0°C tiene 100 Ohms y que al aumentar aumenta la resistencia eléctrica permitiendo que funcione el control, su precisión es de una décima de grado lo que permite una respuesta rápida.

El control se programó para que funcione como ON-OFF y el control de salida sea por relé.

Además se conectó un Dimmer en serie con el control para que se regule de mejor manera el paso de corriente, debido a que la potencia de las resistencias es de 220 W y la energía que almacenan es grande.

El control de temperatura TC4S de características:

- ✓ Alimentación: 100–240 VAC 50-60 Hz
- ✓ Dígitos: 4
- ✓ Tipo de display: LED
- ✓ Sensor: Multisensor
- ✓ Salida: Relay + SSR (Relé de estado sólido)
- ✓ Método de control: ON-OFF, P, PI, PD, PID.

Característica del PT100

- ✓ Rango de Temperatura: -200 °C a 260 °C
- ✓ Cable de conexión tipo PFA (perfluoroalcóxido) usado en instrumentación.
- ✓ Dimensiones: Diámetro 6mm, Longitud 100 mm

### 3.3.7. Sistema de codificado

El sistema de codificado está compuesto por un motor que gira e imprime el código en la bolsa, un sensor que detecta la bolsa y un microcontrolador que controla el movimiento del motor.

### **3.3.7.1. Motor de codificado**

El motor de codificado es un motor a pasos que convierte los impulsos eléctricos en pequeños desplazamientos angulares (grados), manteniendo la posición cuando no gira, su paso puede ser de  $1.8^0$  a  $90^0$ .

Estos motores tienen un rotor con imanes permanentes y bobinas en su estator que permite generar altos torques para su tamaño.

El sistema de codificado está compuesto por un motor que gira e imprime el código en la bolsa, un sensor que detecta la bolsa y un microcontrolador que controla el movimiento del motor.

### **3.3.7.2. Control del motor**

El motor de codificado es un motor a pasos que convierte los impulsos eléctricos en pequeños desplazamientos angulares (grados), manteniendo la posición cuando no gira, su paso puede ser de  $1.8^0$  a  $90^0$ .

Estos motores tienen un rotor con imanes permanentes y bobinas en su estator que permite generar altos torques para su tamaño.

El sistema de codificado está compuesto por un motor que gira e imprime el código en la bolsa, un sensor que detecta la bolsa y un microcontrolador que controla el movimiento del motor.

Las características del sensor son las siguientes:

- ✓ Voltaje entrada 5 V
- ✓ Voltaje de salida 0,3 V
- ✓ Temperatura de operación  $-10^0\text{C}$  a  $60^0\text{C}$
- ✓ Alcance 10-80 cm

Características del ULN 2803

- ✓ Voltaje de salida hasta 50 V.
- ✓ Voltaje de alimentación hasta 30 V.
- ✓ Rango de temperatura de trabajo  $0^0\text{C}$  a  $70^0\text{C}$ .

El diagrama eléctrico del sistema de codificado se presenta a detalle en el ANEXO

C.

### 3.4. Simulación de la transferencia de calor entre las mordazas y la bolsa

Para la simulación de transferencia de calor se establece en el programa que existe transferencia de calor por conducción entre las mordazas y la resistencia. Además hay pérdidas de calor por convección debido al aire que circula por las mordazas.

Todo el proceso se realiza en un estado térmico estable.

Parámetros para la simulación:

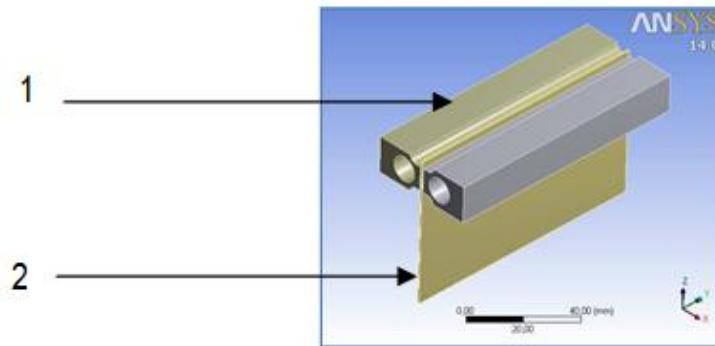
- ✓ Temperatura ambiental: 20°C
- ✓ Potencia de resistencia: 220 W cada una
- ✓ Espesor de la bolsa:  $40\mu \Rightarrow 0,04 \text{ mm}$
- ✓ Material de la bolsa: Polipropileno

**Tabla 9 propiedades del material (bolsa)**

Densidad	9,5e-007 (kg mm <sup>-3</sup> )
Coeficiente de expansión térmica	2,3e-004 (C <sup>-1</sup> )
Calor específico	2,96e+005 (mJ kg <sup>-1</sup> C <sup>-1</sup> )
Conductividad térmica	2,8e-004 (W mm <sup>-1</sup> C <sup>-1</sup> )

- ✓ Temperatura de trabajo del polipropileno: 140°C
- ✓ Material de las mordazas: Bronce dulce
- ✓ Separación entre mordaza y plástico: 0.5 mm
- ✓ Convección del aire: ANSYS tiene una base de datos que permite seleccionar los casos de convección por aire (placa vertical, horizontal, simplificada, etc.) para nuestro caso se utiliza una placa vertical.

En la siguiente figura se presenta la disposición de los elementos que intervienen en la transferencia de calor.

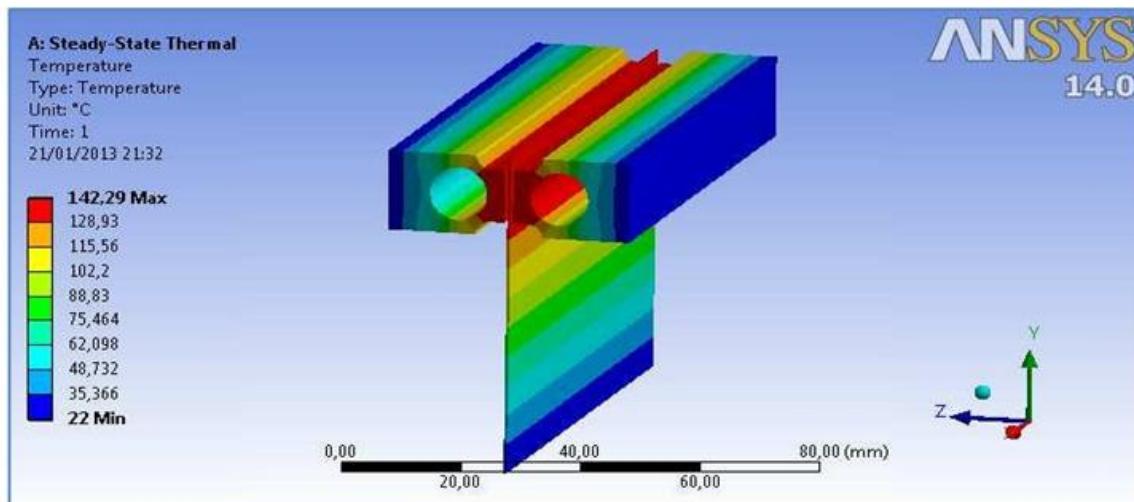


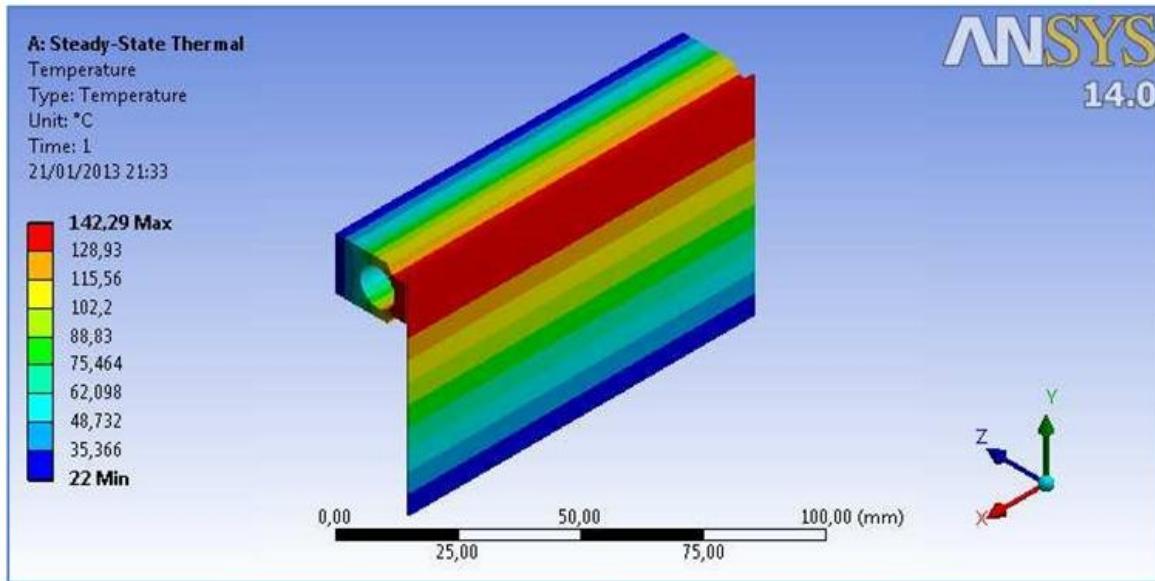
**Figura 32 Elementos para simulación**

1. Mordazas
2. Funda de polipropileno

Resultados obtenidos de la simulación:

En los siguientes gráficos se observa la temperatura que alcanzan las mordazas y el plástico.

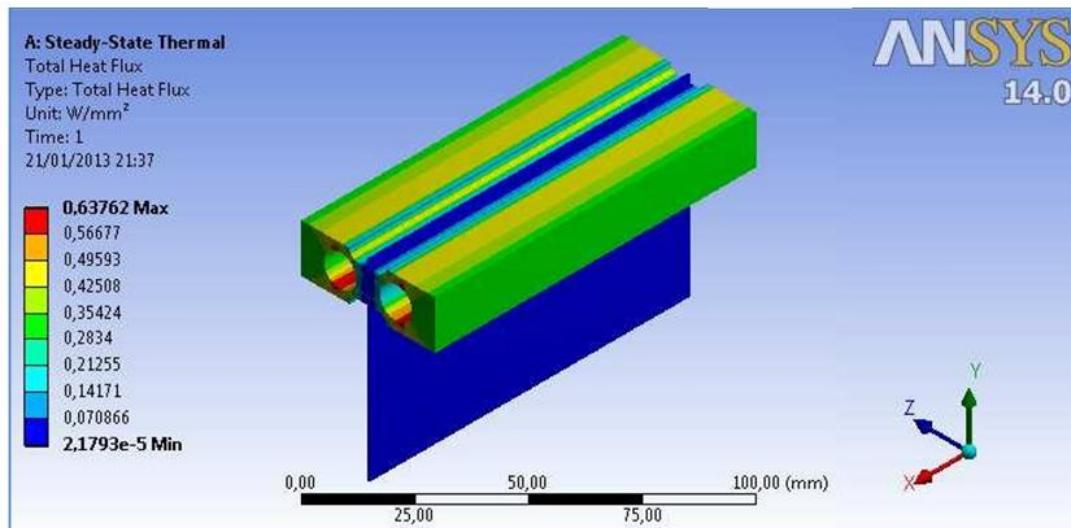




**Figura 33 Transferencia de calor de las mordazas hacia la funda**

Debido a la forma de las mordazas la transferencia de calor se realiza directamente a la funda de polipropileno llegando a una temperatura de 140 °C que es la apropiada para que se selle de manera uniforme y no tenga quemaduras. Podemos observar que la temperatura en la funda va disminuyendo mientras se va alejando de la cara de las mordazas llegando a la temperatura de 22°C.

A continuación se muestra como se propaga el flujo de calor desde el interior de las mordazas hasta el empaque. La unidad del flujo de calor es  $W/mm^2$ .



**Figura 34 Flujo total de calor entre mordazas y la funda**

Podemos observar la transferencia de flujo de calor desde las resistencias que se

encuentran en la parte interna de las mordazas hacia las partes externas de las mismas y posteriormente este flujo se transfiere a la funda de polipropileno. El flujo de calor que llega a las caras que están en contacto con la funda está entre 0.07 y 0.63 (W/mm<sup>2</sup>).

### **3.5. Propuesta**

Diseñar un prototipo para automatizar el proceso de sellado de bolsas de pan para mejorar y aumentar la eficiencia y producción.

### **3.6. Construcción del prototipo**

Se realizara el diseño y la construcción de un prototipo basado en todas las investigaciones y cálculos realizados anteriormente para esto utilizaremos componentes y materiales de pequeño costo ya que realizar un prototipo tamaño real nos costara un monto elevado.

#### **3.6.1. Construcción de la banda transportadora**

La banda transportadora se encargara de mover las bolsas con pan de un punto a otro la misma tiene que ser controlada para poder encenderse y detenerse en un determinado momento para elaborar la cinta transportadora utilizaremos:

##### **Lista de materiales para la estructura**

- 1 Lona de 215 cm x 22 cm
- 2 Rodillos de 30 cm de longitud y 2 cm de diámetro
- 4 Rodamientos de 1 cm de diámetro
- 8 Arandelas de seguridad DIN 6799
- 2 Barras de aluminio de 113 cm x 8 cm
- 1 Plancha de 95 cm x 18 cm
- 2 Tesadores de 40 cm
- 1 Caja de engranajes para mover el tambor de la banda

##### **Lista de materiales para el control de la banda**

- 1 Motor DC de 14 voltios
- 1 Puente H LN293
- 1 Modulo relé de 24 voltios
- 1 Final de carrera de 12 voltios



**Figura 35 Banda transportadora**



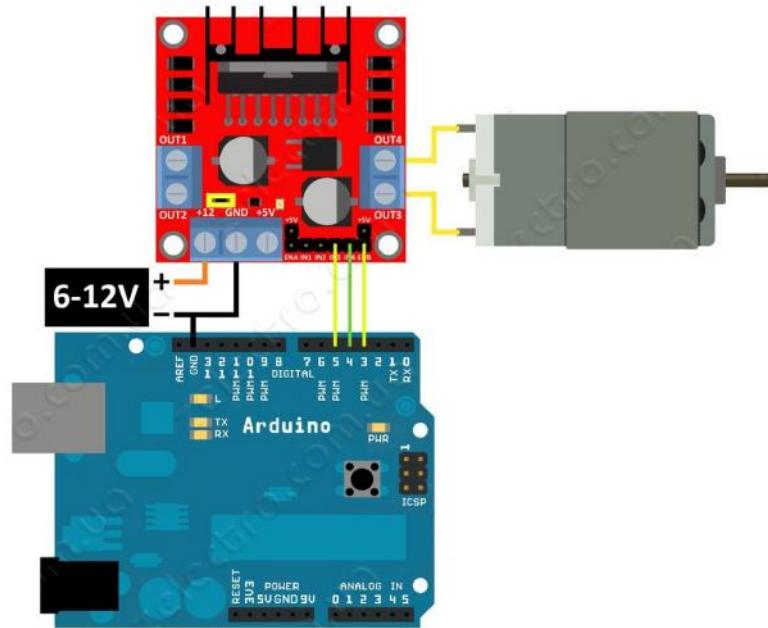
**Figura 36 Tesadores de la banda transportadora**



**Figura 37 Caja de engranajes de la banda transportadora**



**Figura 38 Final de carrera de la banda transportadora**



**Figura 39 Circuito de control de la banda transportadora**

### 3.6.2. Construcción del sistema de sellado

El sistema de sellado se encargara de sellar la bolsa, para esto el sistema de control debe estar completamente relacionado con el sistema de control de la banda transportadora ya que ambos trabajarán juntos como un solo sistema.

#### Lista de materiales para la estructura

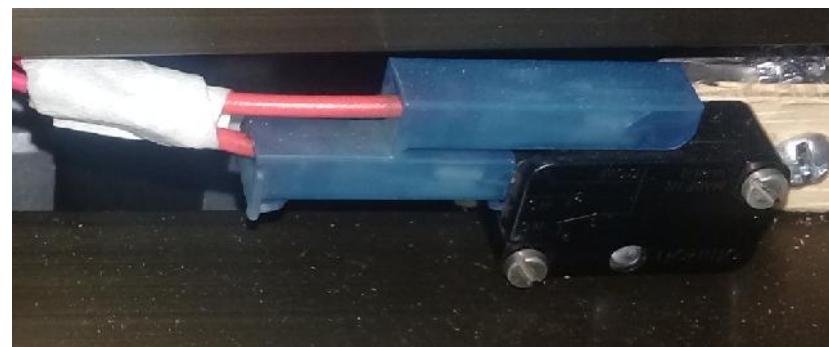
- 1 Barra de aluminio de 30 cm x 8 cm
- 2 Terminales de conexión para la resistencia
- 1 Caja de engranajes

#### Lista de materiales para el control del sistema de sellado

- 1 Transformador de 220 voltios y 10 amperios
- 1 Resistencia de 35 cm x 3 mm
- 1 Puente H L293D
- 1 Motor PAP de 7 voltios
- 1 Final de carrera
- 1 Módulo temporizador
- 1 Cinta de teflón térmico



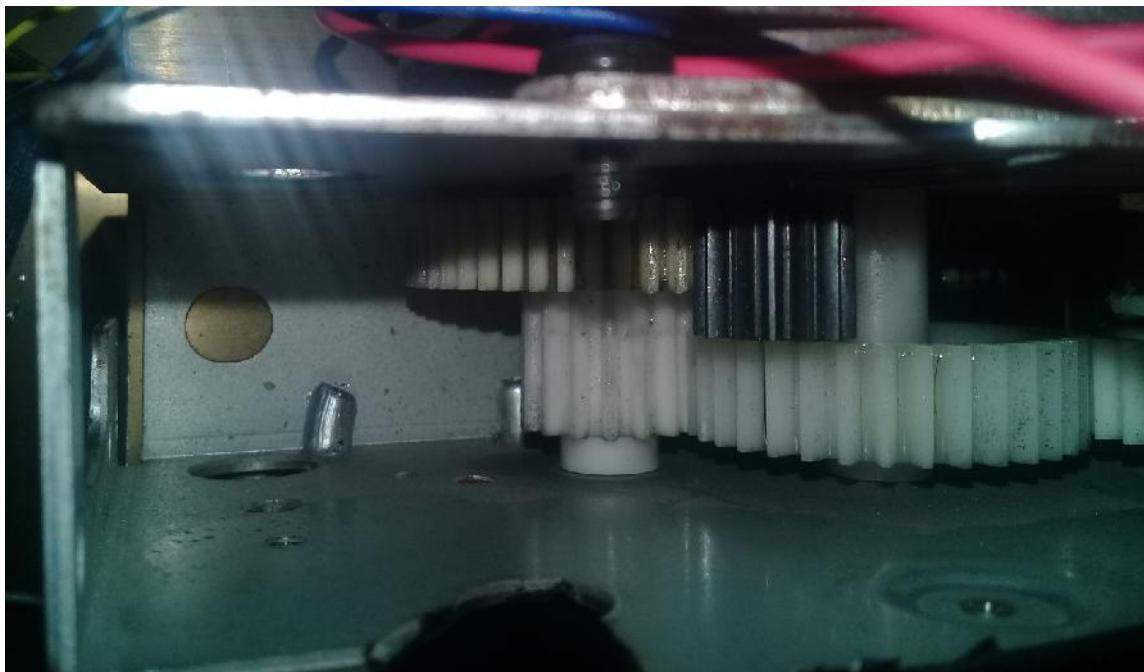
**Figura 40 Estructura del sistema de sellado**



**Figura 41 final de carrera del sistema de sellado**



**Figura 42 Terminales de conexión de la resistencia del sistema de sellado**



**Figura 43 Caja de engranajes del sistema de sellado**



**Figura 44 Modulo temporizador del sistema de sellado**



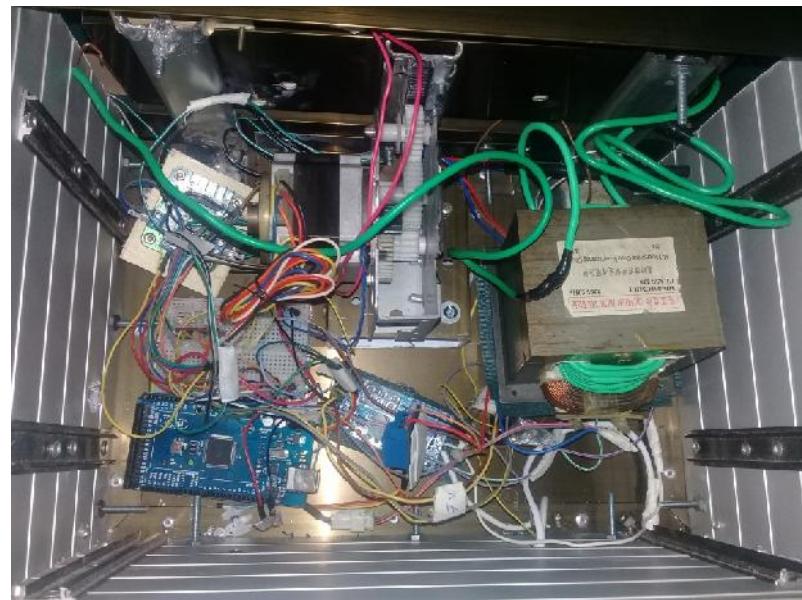
**Figura 45 Resistencia y teflón del sistema de sellado**



**Figura 46 Transformador de 10 Amp. Del sistema de sellado**

### **3.7. Construcción de la caja de control del prototipo**

La caja de control será la parte principal del prototipo ya que en este lugar se juntaran todos los procesos tanto de la banda transportadora y el sistema de control así mismo se encontrara nuestra tarjeta madre de control (arduino)



**Figura 47 Caja de control del prototipo**

### **3.8. Prototipo terminado**

La bolsa con pan avanza por la banda transportadora al activarse el final de carrera de la banda esta se detiene y comienza el sistema de sellado esta baja hasta presionar a la bolsa seguidamente se calienta la resistencia a 800 °C luego de 4 segundos el sistema de sellado vuelve a subir hasta activar el final de carrera y el sistema vuelve a iniciar.



**Figura 48 Prototipo de selladora**

### 3.9. Programa del prototipo

```
#include <Stepper.h> //Importamos la librería para controlar motores paso a paso

#define STEPS 200 //Ponemos el número de pasos que necesita para dar una vuelta. 200 en nuestro caso

// Ponemos nombre al motor, el número de pasos y los pins de control
Stepper stepper(STEPS, 8, 9, 10, 11); //Stepper nombre motor (número de pasos por vuelta, pins de control)
const int vel = 160;
void setup()
{
    // Velocidad del motor en RPM
    pinMode(4,INPUT);
    pinMode(3,INPUT);
    pinMode(13,OUTPUT);
    pinMode(6,INPUT);
    pinMode(7,INPUT);
    stepper.setSpeed(50);

    while(!digitalRead(4)){ //Rutina para asegurar que sellado esta arriba
        digitalWrite(8,HIGH);
        digitalWrite(11,LOW);
        delay(50);
        digitalWrite(10,HIGH);
        digitalWrite(8,LOW);
        delay(50);
        digitalWrite(9,HIGH);
        digitalWrite(10,LOW);
        delay(50);
        digitalWrite(11,HIGH);
        digitalWrite(9,LOW);
        delay(50);
        //stepper.step(200);
    }
    //analogWrite(5,vel);
}

void loop()
{
    analogWrite(5,vel);
    //digitalWrite(12,LOW); // 13,LOW,,motor DC
    if(digitalRead(6) && !digitalRead(7)) //verde=6, rojo=7
    {
        digitalWrite(12,vel); //Motor DC avanza
```

```
if(digitalRead(3)) //final de carrera indicando pan
{
    digitalWrite(12,LOW); //apaga motor DC
    digitalWrite(2, HIGH);
    stepper.step(-207); //avanza PAP hacia abajo
    delay(1000);
    //Girar una vuelta entera en un sentido
    digitalWrite(2, LOW);
    stepper.step(207); //avanza PAP hacia arriba
    delay(1000);
}
digitalWrite(12,HIGH); //motor DC avanza
stepper.step(0); //Motor PAP se detiene
//delay(5000);
}
```

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **Conclusiones**

Las alternativas seleccionadas para desarrollar la construcción del prototipo fueron las correctas debido a que cada sistema satisface a los requerimientos impuestos por la empresa.

Todos los elementos que conforman la máquina están diseñados bajo parámetros y criterios que permiten a la máquina un mejor desempeño, rendimiento fiabilidad. Además de que son de fácil mantenimiento y control.

Una vez realizado el análisis económico de la máquina se concluye que la máquina cumple con las expectativas de la empresa y la inversión se recupera en un año y medio. Además el costo de fabricación es menor a máquinas de similares características.

La simulación en programa ANSYS facilito obtener algunas variables fundamentales para el correcto funcionamiento de la máquina como es la velocidad y su transferencia de calor, de ésta manera se puede obtener un sellado óptimo y se evita el desperdicio de material en pruebas.

Se logró comprobar los resultados de los cálculos y análisis de Ansys Workbench con la pruebas realizadas, ya que variando uno de los parámetros dados en los cálculos se obtienen errores en las pruebas de sellado. Un ejemplo claro es al variar la temperatura, si se alcanza una temperatura mayor a la temperatura de operación del polipropileno biorientado hace que se queme y si la temperatura es menor el sellado no es el óptimo.

En el ensamblaje es importante la alineación y lubricación correcta de los elementos de transmisión, ya que la mala ubicación de los mismos provoca un incremento en el torque del motor ocasionando su sobrecalentamiento o posibles trabas en los mecanismos.

## **Recomendaciones**

Para el montaje o mantenimiento de la máquina se recomienda tener en cuenta el orden de los elementos con el fin de evitar pérdidas de piezas y mala ubicación de cada uno de los elementos.

En el caso de que la máquina se utilice para sellar o codificar independientemente se recomienda codificar primero y luego sellar, debido a que si se sella primero el tiempo para que las mordazas se enfrién totalmente es de 40 minutos y la funda se sellaría antes de codificarse.

Se recomienda seguir un plan de mantenimiento con exactitud para conservar los elementos que conforman la máquina, de esta manera se podrá alargar la vida útil de los mismos.

Se recomienda poner en funcionamiento la máquina en lugares que la humedad relativa promedio sea de 50%, caso contrario se debe controlar el funcionamiento de los elementos con mayor periodicidad.

En el caso de que la máquina se trabe ocasionando que no se transmita el movimiento en el sistema de sellado o en la cinta transportadora se recomienda parar la máquina para no forzar el motor, posteriormente revisar si existe algún problema entre los diferentes mecanismos.

Se recomienda realizar un estudio de mercado y costos de producción en volúmenes grandes para observar la factibilidad de producir en masa de la máquina.

## Bibliografía

ASKELAND DONALD & PHULE PRADEEP. (2004). *Ciencia e Ingeniería de los Materiales*. Traducido por Gonzales, Pozo & Sánchez. (4ta. Ed.). México. Editorial International Thompson Editores, S.A. pp. 669-704.

FLINN RICHARD & TROJAN PAUL. *Materiales de Ingeniería y sus aplicaciones*. Traducido del inglés por Houghton Mifflin. (Primera Ed.). Colombia. Editorial Mc GRAW HILL LATINOAMERICANA S.A, p. 352.

AVALLONE EUGENE & BAUMEISTER THEODORE. (2002). *Manual del Ingeniero Mecánico*. Traducido del inglés por Noriega Francisco. (9na. Ed.). México, Editorial Mc Graw Hill. v.6 pp. 195-196.

MOTT ROBERT. (2006). *Diseño de Elementos de Máquinas*. Traducción del inglés por Virgilio González. (4ta. Ed.). México. Editorial Pearson Educación. pp. 9-15.

NORTON ROBERT. (2005). *Diseño de Maquinaria*. Traducido del inglés por Rodolfo Navarro. (3ra. Ed.). México. Editorial Mc Graw Hill. pp. 7-16.

POLIMENI RALPH, FABOZZI FRANK & ADELBERG ARTHUR. (2005). *Contabilidad de Costos*. Traducido por Rosas y Gomez. (3ra Ed.). Colombia. McGraw Hill. pp. 15- 30

## DOCUMENTOS WEB

QUIMINET.(2012). *Polipropileno biorientado*. Recuperado de <http://www.quiminet.com/articulos/el-polipropileno-biorientado-bopp-y-sus-aplicaciones-31039.htm>

SISCOD. *Sistemas de codificación*. Recuperado de <http://www.siscod.com.ar/producto.asp?id=32>

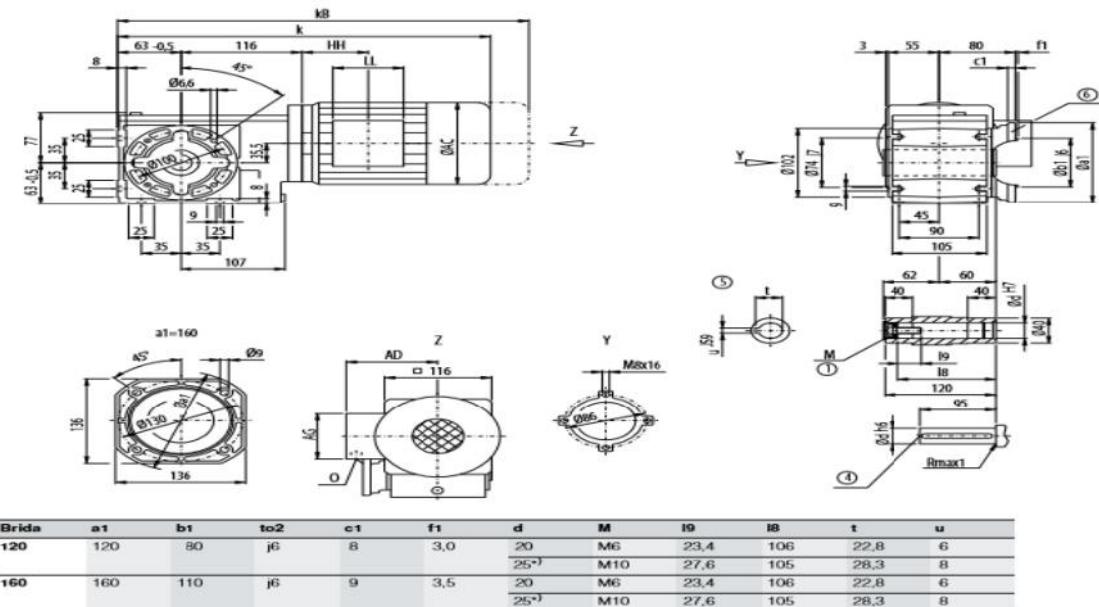
KEYTECHNOLOGY. *Bandas transportadoras.* Recuperado de <http://www.key-technology.com.mx/productos/banda-transportadora/default.html>

EMAGISTER. (2008). *Tipos de rodillos transportadores.* Recuperado de <http://www.emagister.com/curso-municipal/tipos-rodillos-transportadores>

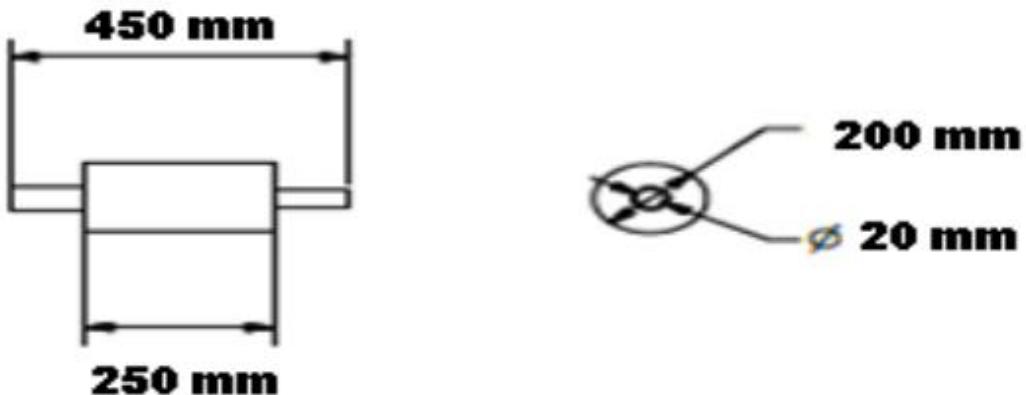
ELECTRONICAESTUDIO. *Engranajes.* Recuperado de [http://www.electronicaestudio.com/docs/1550\\_Tutorial\\_de\\_ENGRANES.pdf](http://www.electronicaestudio.com/docs/1550_Tutorial_de_ENGRANES.pdf)

## ANEXOS

### Ilustración 1 dimensiones moto redutor



**Ilustración 2 diseño de rodillo**



**Ilustración 3 secuencia normal motor paso a paso**

PASO	Bobina A	Bobina B	Bobina C	Bobina D	
1	<b>ON</b>	<b>ON</b>	OFF	OFF	A B C D
2	OFF	<b>ON</b>	<b>ON</b>	OFF	A B C D
3	OFF	OFF	<b>ON</b>	<b>ON</b>	A B C D
4	<b>ON</b>	OFF	OFF	<b>ON</b>	A B C D

**Ilustración 4 variador de frecuencia**

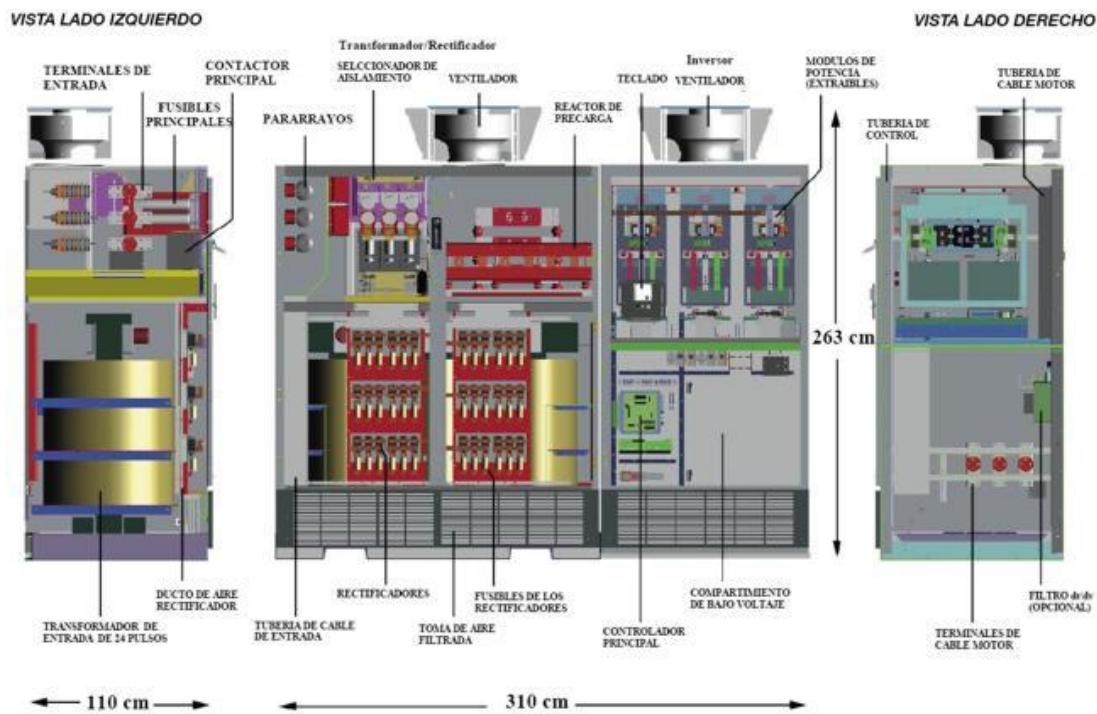


Ilustración 5 Control de temperatura

TIPICA CONEXION PARA  
SISTEMA DE CONTROL DE  
TEMPERATURA

