



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA**

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
EN MECATRÓNICA**

TEMA:

**MÁQUINA EXTRUSORA DE MASA PARA LA PRODUCCIÓN DE BIZCOCHOS Y
GALLETAS PARA LA INDUSTRIA ARTESANAL EN LA PARROQUIA DE SAN
PABLO DEL LAGO.**

AUTOR:

JORGE ALEJANDRO CHIZA ANDRANGO

DIRECTOR:

ING. WASHINGTON MOSQUERA

2017



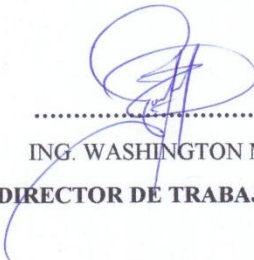
UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS APLICADAS

CERTIFICACIÓN

En mi calidad de Directora de Trabajo de Grado desarrollado por el señor estudiante Jorge Alejandro Chiza Andrango previo a la obtención del título de Ingeniero en Mecatrónica.

CERTIFICA

Que, el Proyecto de Trabajo de Grado, **“MÁQUINA EXTRUSORA DE MASA PARA LA PRODUCCIÓN DE BIZCOCHOS Y GALLETAS PARA LA INDUSTRIA ARTESANAL EN LA PARROQUIA DE SAN PABLO DEL LAGO”**, ha sido elaborado en su totalidad por el señor estudiante Jorge Alejandro Chiza Andrango bajo mi dirección, para la obtención del título de Ingeniero en Mecatrónica. Luego de ser revisada, considerando que se encuentra concluido y cumple con las exigencias y requisitos académicos de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas, Carrera de Ingeniería en Mecatrónica, autoriza su presentación y defensa para que pueda ser juzgado por el tribunal correspondiente.


.....
ING. WASHINGTON MOSQUERA
DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA
AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN
A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DEL CONTACTO	
Cédula de identidad:	1003303151
Apellidos y nombres:	Chiza Andrango Jorge Alejandro
Dirección:	Barrio Colonial, calle Eugenio Espejo e Ibarra (San Pablo)
E-mail :	georgeale.1990@gmail.com
Teléfono fijo.	0991060220-062919272

DATOS DE LA OBRA	
Título:	MÁQUINA EXTRUSORA DE MASA PARA LA PRODUCCIÓN DE BIZCOCHOS Y GALLETAS PARA LA INDUSTRIA ARTESANAL EN LA PARROQUIA DE SAN PABLO DEL LAGO.
Autor:	Chiza Andrango Jorge Alejandro
Fecha:	18 de diciembre de 2017
Programa :	Pregrado
Título por el que optan:	Ingeniería en Mecatrónica
Director:	Ing. Washington Mosquera

2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Chiza Andrango Jorge Alejandro, con cédula de identidad Nro. 1003303151, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

3. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que son los titulares de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 18 días de diciembre del 2017.

EL AUTOR:



Chiza Andrango Jorge Alejandro

CI. 1003303151



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO

A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, Chiza Andrango Jorge Alejandro, con cédula de identidad Nro. 100330315-1, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor de la obra o trabajo de grado denominado: **“MÁQUINA EXTRUSORA DE MASA PARA LA PRODUCCIÓN DE BIZCOCHOS Y GALLETAS PARA LA INDUSTRIA ARTESANAL EN LA PARROQUIA DE SAN PABLO DEL LAGO.”**, que ha sido desarrollado para optar por el título de: **Ingeniero en Mecatrónica** en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra, a los 18 días de diciembre del 2017.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Chiza Andrango', written over a horizontal dotted line.

Chiza Andrango Jorge Alejandro

CI. 1003303151

DECLARACIÓN

Yo, JORGE ALEJANDRO CHIZA ANDRANGO, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; y que éste no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.



Chiza Andrango Jorge Alejandro
CI. 1003303151



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi agradecimiento a todos aquellos que han aportado directa o indirectamente para la culminación de este trabajo. Un agradecimiento especial a mis padres quienes han sido mi motivación diaria y me han brindado todo el apoyo necesario. A Dios que hace que todo sea posible.

A los docentes y demás personas que estuvieron presentes a lo largo de mi carrera, y principalmente a mi tutor Washington Mosquera quien han sido un guía muy importante en la realización de este trabajo, a todos, mi inmenso agradecimiento.

Jorge Chiza.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo de manera muy especial a mis padres, por ser el pilar fundamental de mi carrera y de toda mi vida. Por haberme guiado siempre por el mejor camino con sus palabras de aliento y motivación, especialmente a mi madre, que sin su ayuda nada de esto hubiese sido posible. Un agradecimiento infinito desde el fondo de mi corazón.

Jorge Chiza.

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO

DECLARACIÓN.....	VI
CERTIFICACIÓN DE ASESOR.....	VIII
RESUMEN.....	XXIII
ABSTRACT.....	XXIV
PRESENT.....	XXV
1. INTRODUCCIÓN SITUACIONAL	
1.1. Introducción	
1.2. Antecedentes	
1.3. Objetivos	
1.3.1. Objetivo general	
1.3.2. Objetivo específicos	
1.4. Problema	
1.5. Justificación	
1.6. Situación actual de las máquinas de galletas.	
2. MARCO TEÓRICO	
2.1. Fundamentos de la extrusión	
2.1.1. Extrusión de alimentos	
2.1.2. Descripción de equipo de extrusión	
2.1.3. Proceso de extrusión	
2.2. Bandas transportadoras	
2.2.1. Tipo de bandas transportadoras	
2.2.1.1. Bandas transportadoras de PVC Y PU	
2.3. Circuitos eléctricos	
2.4. Introducción a los Sistemas de control	
2.4.1. Lazo abierto	
2.4.2. Maquinas eléctricas	
2.4.3. Motores	
2.4.4. Variador de frecuencia	
3. DISEÑO MECÁNICO DE LA MÁQUINA EXTRUSORA	
3.1. Introducción	

- 3.2. Análisis inicial
 - 3.2.1. Análisis de las partes que constituye la extrusora
 - 3.2.1.1. tornillos sinfín
 - 3.2.1.2. Diseño de ejes de transmisión
 - 3.2.1.3. Cámara de extrusión
 - 3.2.1.3.1. Flujo de material a extruir
 - 3.2.1.4. Diseño de piñones
 - 3.2.1.5. Tolva alimentadora
 - 3.2.2. Análisis de la Banda transportadora
 - 3.2.3. Selección de elementos y elaboración de partes
 - 3.2.3.1. Selección de motores
 - 3.2.3.2. Elaboración de tornillos sin fin
 - 3.2.3.2.1. Moleteado de los ejes
 - 3.2.3.2.2. Torneado del eje
 - 3.2.3.3. Acoples en ejes
 - 3.2.3.4. Acople del sistema de transmisión de movimiento piñón- cadena
 - 3.2.3.5. Selección de chumaceras
 - 3.2.3.6. Elaboración y selección de un sistema de banda transportadora
 - 3.2.3.6.1. La banda
 - 3.2.3.6.2. Los rodillos
 - 3.2.3.7. Diseño de las boquillas
 - 3.2.3.8. Diseño de la estructura
 - 3.2.3.9. Ensamblaje de la maquina

4. ANÁLISIS DEL CONTROL ELECTRÓNICO Y NEUMÁTICO DE LA MÁQUINA

- 4.1. Análisis y tipo de control
 - 4.1.1. Selección del controlador

5. CONSTRUCCIÓN E INSTALACIÓN DE LA MÁQUINA EXTRUSORA

- 5.1. Montaje mecánico
 - 5.1.1. Montaje mecánico de la banda transportadora
 - 5.1.2. Montaje mecánico del extrusor
 - 5.1.3. Montaje de la tolva de entrada del producto
- 5.2. Montaje eléctrico

5.3. Programación del variador de frecuencia

5.3.1. Parámetros

6. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

6.1. Sistema mecánico

6.2. Sistema eléctrico-electrónico

Conclusiones

Recomendaciones

Bibliografía

Anexos

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 Máquinas moldeadoras rotativas.....	3
FIGURA 2 Máquinas roto cortadoras	4
FIGURA 3 Máquina biscomatic	4
FIGURA 4 Máquinas depositadoras	5
FIGURA 5 Tolva.....	7
FIGURA 6 Transportador de tornillo sinfín paso estándar.....	8
FIGURA 7 Artesa tubular.....	9
FIGURA 8 Las entradas de placa de flexión	9
FIGURA 9 Tensores.....	11
FIGURA 10 Motor-reductor	14
FIGURA 11 Tornillo sinfín	15
FIGURA 12 Sinfín	15
FIGURA 13 Piñón, recuperado autodesk inventor professional 2015	27
FIGURA 14 Tolva, recuperado autodesk inventor professional 2015	28
FIGURA 15 Características del motor	31
FIGURA 16 Características del reductor.....	31
FIGURA 17 Motor reductor para extrusión.....	32
FIGURA 18 Características del motor para la banda transportadora.....	32
FIGURA 19 Motor-reductor banda transportadora.....	33
FIGURA 20 Tornillo sinfín	33
FIGURA 21 Moleteado	34
FIGURA 22 Acoples de ejes.....	34
FIGURA 23 Acoples y piñones	35
FIGURA 24 Piñón.....	36
FIGURA 25 Acoples, piñones y brida.....	36
FIGURA 26 Banda PVC.....	37
FIGURA 27 Rodillos para la banda transportadora	38
FIGURA 28 Boquilla artesanal.....	38
FIGURA 29 Boquilla mecanizada	39
FIGURA 30 Boquilla mecanizada	39
FIGURA 31 Estructura base, recuperado inventor Autodesk 2015	40
FIGURA 32 Análisis de esfuerzos del transportador	40
FIGURA 33 Análisis de esfuerzos en la estructura del extrusor.....	40

FIGURA 34	Ensamble de la estructura	41
FIGURA 35	Ensamble del tensor.....	42
FIGURA 36	Acople del sistema tensor	42
FIGURA 37	Variador de frecuencia de la marca delta	44
FIGURA 38	Especificaciones del variador de frecuencia.....	45
FIGURA 39	Tipo de cable para los terminales de energía.	45
FIGURA 40	Ensamble del transportador.....	46
FIGURA 41	Transportador	47
FIGURA 42	Montaje del motorreductor	47
FIGURA 43	Montaje del motorreductor	48
FIGURA 44	Ensamble de bridas y chumaceras.....	49
FIGURA 45	Ensamble de bridas.....	49
FIGURA 46	Ensamble de artesa y la transmisión.....	50
FIGURA 47	Tornillos sin fin en las artesas tubulares.....	50
FIGURA 48	Ensamble del sistema de extrusión.....	51
FIGURA 49	Acople del motor-reductor.....	51
FIGURA 50	Montaje del extrusor.....	52
FIGURA 51	Montaje del extrusor y boquillas	52
FIGURA 52	Entrada del producto hacia los tornillos	53
FIGURA 53	Soporte para la tolva	53
FIGURA 54	Montaje de la tolva	54
FIGURA 55	Guillotina	54
FIGURA 56	Circuito externo del variador	55
FIGURA 57	Instalación y cableado del variador	56
FIGURA 58	Gabinete metálico bajo la norma NTE-INEN 2568 2010	57
FIGURA 59	Interruptor termo-magnético de la marca ABB	57
FIGURA 60	Riel din.....	58
FIGURA 61	Bornes para riel DIN	59
FIGURA 62	Circuito de control de entradas digitales	60
FIGURA 63	Circuito NPN de las entradas digitales	61
FIGURA 64	Terminales del variador	61
FIGURA 65	Botones luminosos de control.....	62
FIGURA 66	Botones luminosos ON-OFF.....	63
FIGURA 67	Canaleta	63

FIGURA 68 Montaje del variador en el gabinete	64
FIGURA 69 Tablero de control	64
FIGURA 70 Montaje de canaletas	65
FIGURA 71 Cableado interno del gabinete.....	66
FIGURA 72 Cableado de elementos de control.....	66
FIGURA 73 Diseño neumático	66
FIGURA 74 Electroválvula Festo	67
FIGURA 75 Requisitos para instalar WPLsoft	90
FIGURA 76 Comunicación Pc-variador	90
FIGURA 77 Programa PLC temporizador	93

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1 1. Tipo de carga del transportador	21
Tabla N° 2 Velocidad del motor-reductor de acuerdo al material a transportar	22
Tabla N° 3 Grados de inclinación del transportador	23
Tabla N° 4 Tipos de material para determinar el coeficiente de resistencia de material	25
Tabla N° 5 Tipos de bandas de acuerdo a su fabricación	29
Tabla N° 6 Fallas en motores eléctricos.....	30
Tabla N° 7 Selección de chumaceras tipo brida	96
Tabla N° 8 Potencia de los variadores de frecuencia.....	44
Tabla N° 9 Interruptores termomagnéticos ABB	58
Tabla N° 10 Función de los terminales del variador Delta VFD -E.....	59
Tabla N° 11 Selección de cables para la conexión externa del circuito	60
Tabla N° 12 Selección de cable para terminales de control.	62
Tabla N° 13 Función de los terminales de control	68
Tabla N° 14 Requisitos para instalar WPLsoft	69
Tabla N° 15 Pruebas de funcionamiento sistema mecánico.....	90
Tabla N° 16 Pruebas de funcionamiento sistema eléctrico-electrónico.....	92
Tabla N° 17 Periodo de mantenimiento entorno ambiental.	93
Tabla N° 18 Periodo de mantenimiento voltajes.	93
Tabla N° 19 Periodo de mantenimiento teclado	93
Tabla N° 20 Periodo de mantenimiento terminales y cableado del circuito principal.	93
Tabla N° 21 Selección de velocidades prefijas de frecuencia.....	106
Tabla N° 22 Referencia de dispositivos de entrada.....	107
Tabla N° 23 Referencia de dispositivos de salida.....	108

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación N° 1 Fórmula para el cálculo del paso del sin fin	16
Ecuación N° 2 Fórmula para el cálculo del módulo	16
Ecuación N° 3 Fórmula del diámetro exterior.....	16
Ecuación N° 4 Fórmula para el cálculo del esfuerzo cortante	17
Ecuación N° 5 Fórmula para el cálculo de la resistencia a la fluencia al corte.....	17
Ecuación N° 6 Fórmula para el cálculo de la resistencia a la fluencia al corte.....	17
Ecuación N° 7 Fórmula para el cálculo del torque	18
Ecuación N° 8 Fórmula para el cálculo del esfuerzo cortante	18
Ecuación N° 9 Fórmula para el cálculo de la resistencia a la fluencia al corte.....	19
Ecuación N° 10 Fórmula para el cálculo del área de relleno	21
Ecuación N° 11 Fórmula para el cálculo de la velocidad de desplazamiento del tornillo	22
Ecuación N° 12 Fórmula para el cálculo del flujo de material	23
Ecuación N° 13 Fórmula para el cálculo de la potencia total del tornillo sin fin.....	24
Ecuación N° 14 Fórmula para el cálculo de la potencia horizontal del material	24
Ecuación N° 15 Fórmula para el cálculo de la potencia necesaria de accionamiento del tornillo en vacío.	25
Ecuación N° 16 Fórmula para el cálculo de la potencia del tornillo sin fin inclinado.	26
Ecuación N°17 Cálculo del volumen de la tolva.....	40

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A. MANUAL DE USUARIO	80
ANEXO B. MANUAL DE MANTENIMIENTO	84
ANEXO C. PARÁMETROS DEL VARIADOR EN MODO PLC	88
ANEXO D. TABLA DE CHUMASERAS	94
ANEXO E. PLANOS MECANICOS	97

RESUMEN

Hoy en día en la industria alimenticia existen gran variedad de máquinas automáticas o semiautomáticas para la ejecución de procesos. En el área alimenticia las máquinas autónomas deben cumplir con los más altos estándares de calidad, ya que están encargadas de procesar nuestros alimentos.

En la industria galletera existe gran variedad en maquinaria, las que están encargadas en la elaboración de galletas y bizcochos; en nuestro medio hay mucha variedad de galletas y bizcochos las que son hechas artesanalmente, esto puede deberse a que las máquinas galleteras tienen un costo muy elevado en el mercado y solo pueden ser adquiridas por grandes empresas galleteras.

Este proyecto consiste en la implementación de una máquina autónoma galletera, la misma que pueda realizar algunos tipos de galletas y bizcochos, en este caso esta máquina está dirigida a la elaboración de galletas melvas.

Con la implementación de esta máquina se logra aminorar el tiempo en la elaboración de las galletas melvas, disminuyendo las horas de trabajo para las personas que lo realizan manualmente, el proceso consiste en la extrusión de la masa, la misma que salen por un par de boquillas y son cortadas por una guillotina y transportadas por una banda.

ABSTRACT

Nowadays in the food industry there are a wide variety of automatic or semiautomatic machines used to process different products. In the food industry automatic machines must comply the highest standards of quality, since they are responsible for producing food products that we consume.

In the pastry industry there are a variety of machines, which are responsible for make cookies and biscuits; in our traditions there are a variety of cookies and biscuits which are made by handcrafted, this may be because these machines have a very high cost that is prohibitive to all but the large pastry companies.

This project involves the implementation of an automatic biscuit machine, which can produce different types of crackers or biscuits; in this case this machine is used to produce types melbas and types biscuits.

The implementation of this machine reduces time preparing melbas biscuits. The process involves forming the dough, pushing it through nozzles and then it is cut by a guillotine and transported by a band.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN SITUACIONAL

1.1 Introducción

En la presente tesis presenta el diseño y construcción de una “Máquina extrusora de masa para la producción de bizcochos y galletas para la industria artesanal en la parroquia de San Pablo del Lago”, la finalidad es optimizar el tiempo de moldeo de la galleta y cubrir con la demanda existente de los productos mencionados, así se fortalecerá la economía del sector artesano.

Los artesanos que realizan las galletas melvas y bizcochos, lo realizan manualmente los procesos para la elaboración de galletas melva, ellos no poseen ninguna máquina, lo que les resultaría fundamental para la elaboración de este producto.

Con esta máquina se pretende reducir el tiempo en la realización de los bizcochos y galletas melvas, su funcionamiento es el siguiente, primero se debe seleccionar el tipo de galletas a realizar mediante un tablero de control ubicado en la parte frontal de la máquina; segundo se introduce la masa por una tolva, la misma que conducirá a la cámara de extrusión, tercero la masa ya sale extruida por las boquillas que serán desmontables según la forma de la galleta o bizcocho que se desee; y finalmente yace en el corte mediante una guillotina programable para que así sean transportadas en una bandeja, la misma que será transportada por una banda y estarán listas para ingresar al horno de leña. Este proceso que se realizará no influirá en el sabor tradicional del producto esto se debe a que esta máquina lo único que hará es el moldeo sin alterar sus propiedades físicas, los demás procesos son realizados manualmente.

1.2 Antecedentes

En la parroquia de San Pablo Del Lago la elaboración de bizcochos y galletas melva es una tradición que ha trascendido durante décadas, de generación en generación, la elaboración tarda varias horas en realizarse, esto se debe a la complejidad de los procesos, debido que aquellos procesos son hechos manualmente por los artesanos.

Uno de los inconvenientes relevantes durante todos estos años, es el tiempo que demora el proceso de moldeo de la galleta, ya que la masa es de una densidad muy alta y dificulta el trabajo de los artesanos, resultando una labor repetitiva y cansada.

Actualmente los artesanos no cuentan con ninguna máquina que realice dicho proceso, porque es realizado de forma manual por una persona.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Diseñar y Construir una máquina automática extrusora de masa para bizcochos y galletas melva, para empresas del sector artesanal de la parroquia de San Pablo del Lago.

1.3.2. Objetivo específicos

- Determinar los parámetros de diseño mecánico que satisfaga nuestras necesidades.
- Diseñar un control para el proceso con un dispositivo programable que facilite la operación del usuario.
- Optimizar el tiempo de moldeo de las galletas y bizcochos.
- Realizar las respectivas pruebas y ensayos de la máquina.

1.4. Problema

La elaboración de galletas tipo melva presenta como principal inconveniente el tiempo que demora en el proceso de moldeo de la galleta, debido a la alta densidad que presenta la masa, la cual no permite el trabajo ágil de los artesanos demorando entre 5 a 6 horas diarias para el trabajador, lo que resulta una labor repetitiva y cansada para el trabajador.

Debido a aquello existe pérdida de uniformidad en las galletas; además de una baja cantidad de producción del producto, lo que no permite cubrir la demanda existente en el mercado.

Hoy en día existe una gran variedad de máquinas galleteras industriales en el mercado, pero uno de los inconvenientes es el alto costo de las mismas ya que resultan difíciles de adquirir para los artesanos, debido a que son máquinas a nivel industrial y no como para pequeños empresarios en crecimiento.

1.5 Justificación

Debido al elevado costo de las máquinas galleteras industriales, se pretende la construcción de la máquina extrusora, la misma que ayudará a agilizar la realización de las galletas melvas y bizcochos

Con el desarrollo de la máquina, aumentaremos la producción, para cubrir una gran demanda del producto en la zona; además garantizamos una buena calidad en el moldeo de las galletas y disminuimos el tiempo de realización de las mismas. Así dando una solución de eficiente en los procesos de producción industriales en las pequeñas productoras de este tipo de galletas. Además se contribuirá a la transformación de la matriz productiva de la zona.

1.6 Situación actual de las máquinas de galletas.

Hoy en día existe una gran variedad de máquinas para realizar diferente tipos de galletas, desde las más pequeñas hasta las más grandes, desde las más sencillas hasta las más complejas, de igual manera las galletas son hechas con procesos diferentes, con la utilización de máquinas específicas que realizan varios procesos por ejemplo:

- Máquinas moldeadoras rotativas.- este tipo de máquinas pueden satisfacer las exigencias de producir galletas suaves. Esto significa masas ricas de grasos, aplicados también en productos como: tapitas de alfajor, galletas para helados.



FIGURA 1 Máquinas moldeadoras rotativas

Referencia: <http://www.famipack.com/portal/images/stories/1.%20MOLDEADORA%20ROTATIVA.jpg>

- Máquina roto cortadora.- esta máquina saca la masa en hoja el producto final por medio de moldeo. El elemento principal de la máquina es el rodillo molde que, mediante un movimiento giratorio, imprime y corta las figuras de las galletitas sobre la hoja de masa proveniente del tren de laminación.

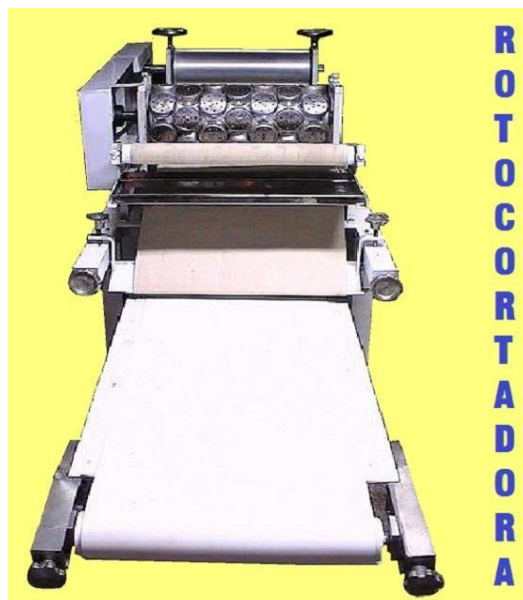


FIGURA 2 Máquinas roto cortadoras

Referencia: <http://www.famipack.com/portal/images/stories/3.%20ROTOCORTADORA%20RTC1.jpg>

- Máquinas biscomatic.- son máquinas especializadas para hacer una amplia gama de galletas de masa firme de corte con hilo. Ideal para los productos que contienen ingredientes que contengan partículas como chispas de chocolate, coco, avena, maní, pasas y similares.



FIGURA 3 Máquina biscomatic

Referencia: <http://www.famipack.com/portal/images/stories/2.%20BISCOMATIC.jpg>

- Máquinas depositadoras.- están diseñada para trabajar con masas líquidas que deben ser mangueadas y luego decoradas.



FIGURA 4 Máquinas depositadoras

Referencia: <http://www.famipack.com/portal/images/stories/depositadora.jpg>

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Fundamentos de la extrusión

La extrusión es un proceso utilizado para crear objetos con sección transversal definida y fija. El material se empuja o se extrae a través de un troquel de una sección transversal deseada. Las dos ventajas principales de este proceso por encima de procesos manufacturados son la habilidad para crear secciones transversales muy complejas con materiales que son quebradizos, porque el material solamente encuentra fuerzas de compresión y de cizallamiento. También las piezas finales se forman con una terminación superficial excelente.

Los materiales extruidos comúnmente incluyen metales, polímeros, cerámicas, hormigón y productos alimenticios.

2.1.1. Extrusión de alimentos

La extrusión ha tenido grandes avances en la industria alimenticia, está a facilitado el proceso de gran variedad de alimentos. Productos tales como pastas, masa de galleta, cereales, comida para bebés, confitería, papas fritas y comida seca, entre otros, los cuales son principalmente manufacturados por la extrusión. En el proceso, se muelen los materiales hasta darles el tamaño deseado a las partículas (usando la consistencia de la harina ordinaria). La mezcla seca se pasa a través de un pre-acondicionador donde se agregan otros ingredientes (azúcar líquido, grasas, tintes, carnes y agua que dependen del producto). La mezcla pre condicionada se pasa entonces a través de un extrusor forzándola a pasar por un troquel donde se corta a la longitud deseada. El proceso de cocción tiene lugar dentro del extrusor en el que el producto produce su propia fricción y calor debido a la presión generada (10-20 bares).

2.1.2. Descripción de equipo de extrusión

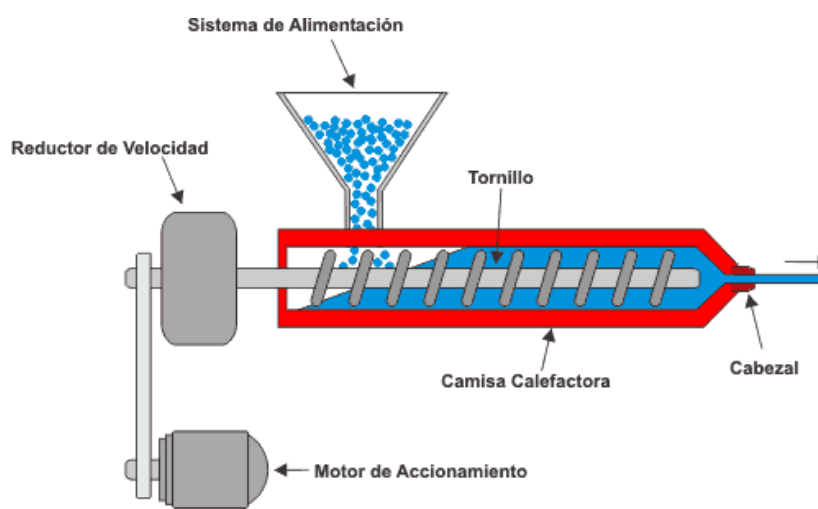


Figura N° 1 Equipo de extrusión

Referencia: <https://www.textoscientificos.com/imagenes/extrusion.gif>

El material se transporta mediante el giro del husillo sin fin o transportador sin fin hacia la abertura del cabezal de la camisa del husillo. El husillo tiene varias funciones y se divide en secciones que corresponden a cada función. Las secciones y las funciones son:

❖ **Sección de alimentación**, es el lugar en donde ingresa el material (tolva) hasta el transportador sin fin.

• Tolva.- es la que recibe el producto a transportarse por el tornillo sin fin. La función principal de la tolva es mantener producto en su interior para ser transportado hacia el transportador de tornillo sin fin.” (Pinto. C, 2006)

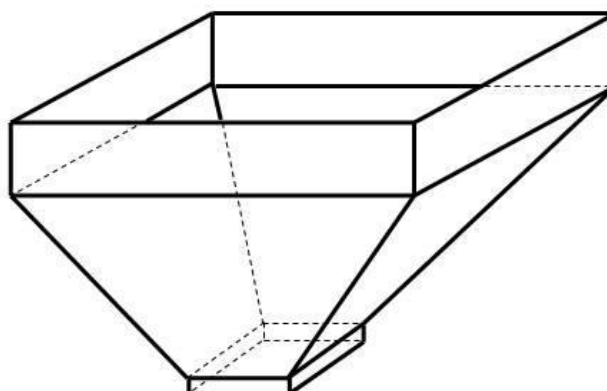


FIGURA 5 tolva

Referencia: http://www.monografias.com/trabajos64/construccion-transportadores-tolvas-laboratorios-ingenieria/construccion-transportadores-tolvas-laboratorios-ingenieria_image006.jpg

❖ “**Sección de compresión**, es el lugar donde el material se comprime y es transportado por el sin fin hasta el final del tornillo, para luego dejarlo salir. (Principios del procesado de los polímeros. Procesado de polímeros ,s.f.).

• Transportador de tornillo sinfín paso estándar, helicoides sencillos. Los transportadores helicoidales con paso igual al diámetro del helicoides son considerados estándar son apropiados para una gran variedad de materiales en la mayoría de las aplicaciones convencionales. (Dávila, A.; Velázquez, R.; Zambrano, K. ,2011).

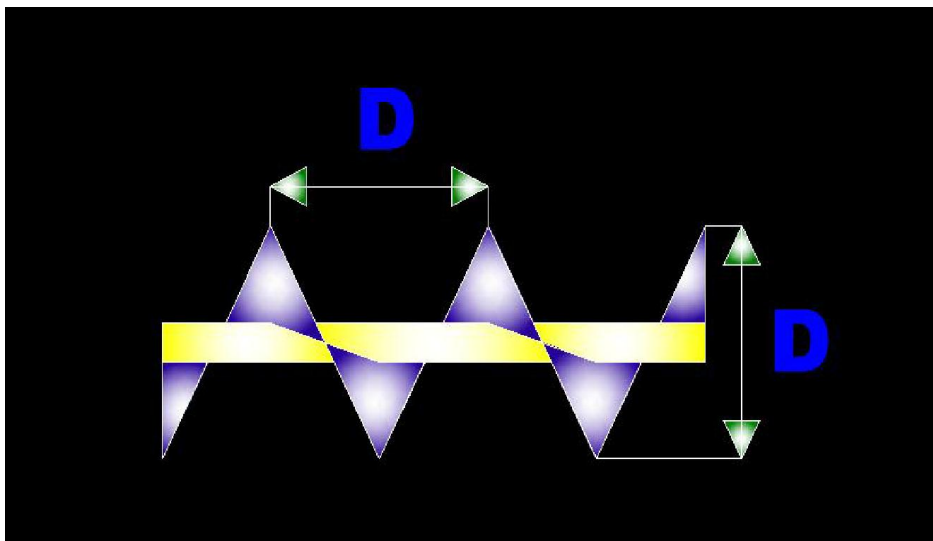


FIGURA 6 Transportador de tornillo sinfín paso estándar

Referencia: Dávila, A.; Velázquez, R.; Zambrano, K., 2011

• La artesa tubular. Está abastecida en construcción de tubo sólido o bipartido con cejas para atornillar o prensar las dos mitades esta artesa es una armazón tubular completa y se utiliza para aplicaciones que deban ser resistentes al medio ambiente para la carga a secciones transversales y para aplicaciones inclinadas o verticales donde la caída obliga a la artesa a operar una carga total.

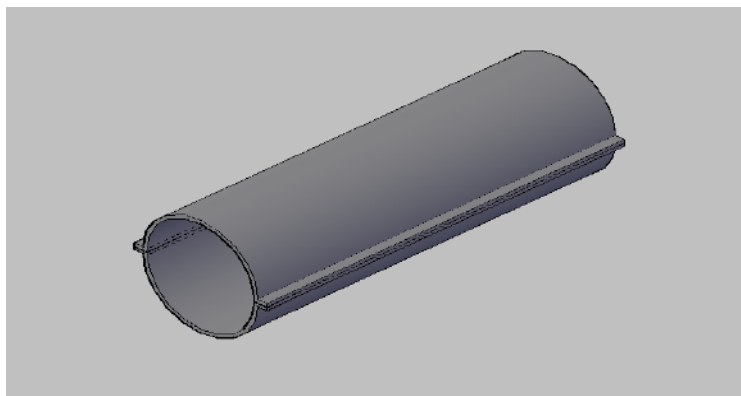


FIGURA 7 Artesa tubular

Referencia: Dávila, A.; Velázquez, R.; Zambrano, K., 2011

- Las boquillas de descarga por flujo. Se adquieren con una placa en la tapa de la artesa especial construida en el lado extremo de la artesa con boquilla, este tipo de boquilla ofrece una descarga completa sin un borde en la placa de tapa para la aglomeración de material, se usa principalmente para manejar productos alimenticios donde puede ocurrir una infestación. (Dávila, A.; Velázquez, R.; Zambrano, K., 2011).
- Las entradas de placa de flexión. Se usa cuando los materiales caen verticalmente en la entrada creando la posibilidad de un daño por impacto o por abrasividad al transportador helicoidal la entrada regularmente viene equipada con placas de deflexión o con bafles que reducen el impacto del material para alimentar más suavemente el transportador. (Dávila, A.; Velázquez, R.; Zambrano, K, 2011).

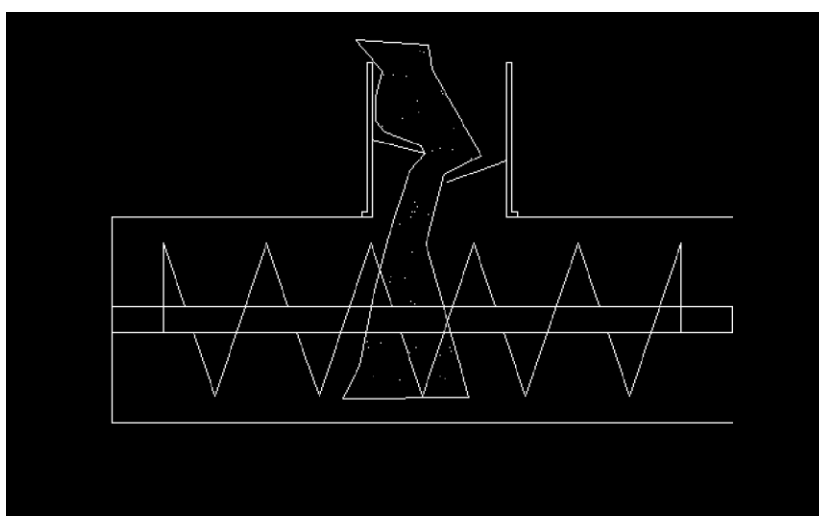


FIGURA 8 Las entradas de placa de flexión

Referencia: Dávila, A.; Velázquez, R.; Zambrano, K., 2011

2.1.3. Proceso de extrusión

El transportador se pone en funcionamiento a través del sistema motor que consta de un reductor y le suministra el movimiento al tornillo sinfín de alas helicoidales el cual va montado en cojinetes y chumaceras. La carga se realizará por un extremo en la parte superior (tolva) y la descarga se realizará por la parte inferior del otro extremo (boquillas) en donde el producto final saldrá extruido. (Bandas transportadoras. s.f.).

2.2. Bandas transportadoras

Es un sistema usado para el transporte continuo de materiales en la industria, tanto para el transporte de cargas aisladas o bultos, como para materiales a granel, etc. El procedimiento consiste en una cinta transportadora flexible, accionada por un motor- reductor, sobre la que se transportan las cargas tanto horizontalmente como con cierta inclinación. (Bandas transportadoras, s.f.).

2.2.1 Tipo de bandas transportadoras

2.2.1.1 Bandas transportadoras de PVC Y PU

Se emplean para el transporte interior de productos manufacturados y/o a granel, en la mayoría de los sectores industriales: alimentación, cerámica, madera, papel, embalaje, cereales, etc.

Según el tipo de producto a transportar se determinará la calidad de la cobertura:

- Blanca alimentaria (PVC o Poliuretano).
- Resistentes a grasas y aceites vegetales, animales o minerales.
- Resistente a la abrasión.
- Resistente a los cortes.
- Antillama.
- Antiestáticas permanentes. (Bandas transportadoras. (s.f.)).

❖ Partes fundamentales

El transportador de banda consta de una banda sin fin, que es el elemento portador del producto, accionado por rodillos impulsados por un motor reductor, al otro extremo con tensores para tensar la banda, estos montados sobre una estructura metálica.

- La banda transportadora.

Es el elemento más importante, y su estructura está formada por una serie de tejidos superpuestos que forman el armazón, protegidos por sus caras libres con coberturas protectoras.

- Tambores.

En los transportadores de banda se distinguen tambores accionadores y tensores o de reenvío. (*Bandas transportadoras, s.f*).

- Accionadores

La cinta es arrastrada por uno de los tambores extremos accionado a su vez por un motor. La transmisión del movimiento se consigue por adherencia entre la banda y el tambor. (*Bandas transportadoras. (s.f)*).

- Tensores

Son necesarios para poder tensar las bandas. Mediante un desplazamiento de estos tambores que van montados en el extremo opuesto a aquel donde se instala el tambor de accionamiento, se consigue un tensado que tiene como misión facilitar el retorno de la banda, una vez que ha realizado el recorrido de trabajo. (*Bandas transportadoras. (s.f)*).



FIGURA 9Tensores

Referencia: <http://www.elprado.co.cr/images/fig15b.jpg>

2.3. Circuitos eléctricos

El circuito eléctrico es el recorrido preestablecido por el que se desplazan las cargas eléctricas desde un punto a otro, de manera secuencial activando dispositivos y actuadores a su paso para realizar una función específica para la que fue hecha.

2.4. Introducción a los Sistemas de control

Un sistema de control es un conjunto de dispositivos encargados de administrar, ordenar, dirigir o regular el comportamiento de otro sistema, con el fin de reducir las probabilidades de fallo y obtener los resultados deseados. Por lo general, se usan sistemas de control industrial en procesos de producción industriales para controlar equipos o máquinas. (Sistema de control, s.f.).

2.4.1. Lazo abierto

Sistemas de control en lazo abierto. Los sistemas en los cuales la salida no tiene efecto sobre la acción de control se denominan sistemas de control en lazo abierto. En otras palabras, en un sistema de control en lazo abierto no se mide la salida ni se realimenta para compararla con la entrada. (Ogata. K., 2003).

Características:

- No se compara la salida del sistema con el valor deseado de la salida del sistema (referencia).
- La exactitud de la salida del sistema depende de la calibración del controlador.
- El control en lazo abierto suele aparecer en dispositivos con control secuencial, en el que no hay una regulación de variables sino que se realizan una serie de operaciones de una manera determinada. Esa secuencia de operaciones puede venir impuesta por eventos (event-driven) o por tiempo (time driven). Se programa utilizando PLCs. (*Sistemas de control - lazo abierto -lazo cerrado.* (s.f)).

Controles eléctricos industriales

El funcionamiento automático de una máquina se obtiene exclusivamente por la acción del motor y del control de la máquina. Este control algunas veces es totalmente eléctrico y

otras veces suele combinarse al control mecánico, pero los principios básicos aplicados son los mismos. (*Controles Eléctricos Industriales*, s.f.)

2.4.2 Máquinas eléctricas

Una máquina eléctrica es el conjunto de mecanismos capaces de generar, aprovechar y transformar la energía eléctrica.” (*Máquinas eléctricas rotativas*, s.f.).

En el caso de este proyecto utilizaremos algunas máquinas eléctricas, ya que se necesita transformar la energía eléctrica en energía cinética para generar el movimiento del extrusor y el movimiento de la banda transportadora, a continuación se mencionara las máquinas eléctricas a usar en el presente proyecto.

2.4.3 Motores

Los motores son una de las máquinas más usadas en la industria, se puede usar en diversas aplicaciones en las que se necesite transformar energía eléctrica en energía cinética y aprovecharla de la mejor manera.

Los Motores eléctricos usan corriente alterna, facilitan la transformación de energía eléctrica a energía cinética, se fabrican en las más diversas potencias, desde una fracción de caballo hasta varios miles de caballos de fuerza (HP), se emplean para accionar máquinas-herramienta, bombas, montacargas, ventiladores, grúas, maquinaria elevada, sopladores, y en nuestro caso especial para una máquina extrusora. (Motor eléctrico trifásico, s.f.).

Los motor-reductores son apropiados para el accionamiento de toda clase de máquinas y aparatos de uso industrial, que necesitan reducir su velocidad en una forma segura y eficiente. Las transmisiones de fuerza son por medio de trenes de engranajes. Al emplear reductores o motor-reductores se obtiene una serie de beneficios sobre estas otras formas de reducción. Algunos de estos beneficios son:

- Una regularidad perfecta tanto en la velocidad como en la potencia transmitida.
- Una mayor eficiencia en la transmisión de la potencia suministrada por el motor.
- Mayor seguridad en la transmisión, reduciendo los costos en el mantenimiento.
- Menor espacio requerido y mayor rigidez en el montaje.
- Menor tiempo requerido para su instalación.



FIGURA 10motor-reductor

Los motorreductores se suministran normalmente acoplado a la unidad reductora un motor eléctrico, totalmente cerrado y refrigerado por ventilador. (*Reductores y Motorreductores, s.f.*).

2.4.4 Variador de frecuencia

Un regulador electrónico de velocidad o variador de frecuencia el principio básico de funcionamiento transformar la energía eléctrica de frecuencia industrial en energía eléctrica de frecuencia variable.

El modo de trabajo de los variadores pueden ser manual o automático, según las necesidades del operador y según el proceso que vaya a realizar, estos equipos son flexibles, ya que nos permite manejarlos por ordenadores, PLC, microcontroladores, señales digitales o manualmente.

En los variadores utilizando realimentación se puede ajustar la velocidad automáticamente. Esta solución es la ideal para su instalación en aplicaciones en las que la velocidad demandada varía de forma continua.

CAPÍTULO III

3. DISEÑO MECÁNICO DE LA MÁQUINA EXTRUSORA

3.1. Introducción

Una vez ya recopilada toda la información en los capítulos 1 y 2, se analizará todo lo referido en cuanto al diseño y selección de materiales y piezas a utilizar en la máquina extrusora de masa, para un buen funcionamiento de dicha máquina.

Análisis inicial

3.2.1. Análisis de las partes que constituye la extrusora

3.2.1.1. Tornillos sinfín

El tipo de tornillo a usar es el tornillo de paso normal o estándar. Su estructura será mecanizada en nylon con un eje de acero inoxidable para evitar desgaste.

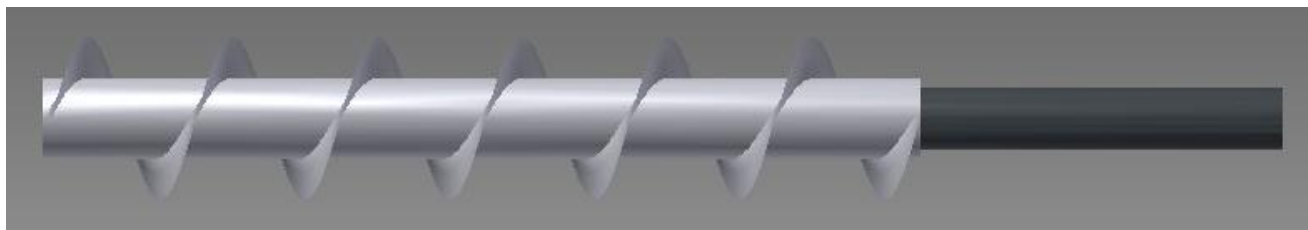


FIGURA 11 tornillo sinfín

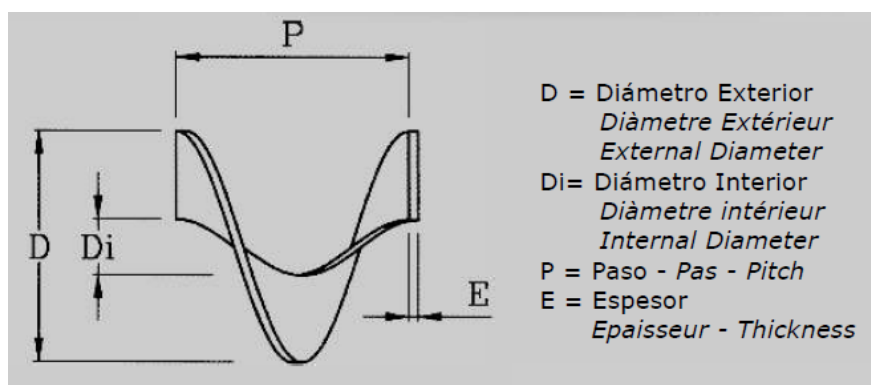


FIGURA 12 sinfín

Referencia: Dávila, A.; Velázquez, R.; Zambrano, K. ,2011

$$P = \frac{L}{\#hilos} \quad (1)$$

Ecuación N° 1 Fórmula para el cálculo del paso del sin fin

$$M = \frac{P}{\pi} \quad (2)$$

Ecuación N° 2 Fórmula para el cálculo del módulo

$$D = Di + 2M \quad (3)$$

Ecuación N° 3 Fórmula del diámetro exterior

Dónde:

P = paso del sin fin

Di = diámetro interior

D =diámetro exterior

M =Módulo

L = Longitud del tornillo

$\#Hilos$ = Número de hilos

❖ Cálculo del paso

Permite conocer cuánto material va a transportar en un tiempo estimado.

Longitud del tornillo = 12 in

Número de hilos =6

$P = 12 \text{ in} / 6$

$P = 2 \text{ in}$

❖ Cálculo del módulo

$M = 2 \text{ in} / \pi$

$M = 0.6366 \text{ 4MH0.64}$

❖ Cálculo del diámetro externo

Diámetro interno= 1 in

$$D = d + 2(0.64)$$

$$D = 1 \text{ in} + 1.28$$

$$D = 2.28 \text{ in}$$

Por motivos de diseño el paso del tornillo tiende a ser 0.5 o 1 veces el diámetro externo (Figura 2.3). En nuestros cálculos nos da un aproximado lo que nos indica que los cálculos fueron los deseados.

Diseño de ejes de transmisión

Aquí determinaremos el diámetro del eje, lo cual se implementará para la transmisión del motor-reductor a tornillo sin fin extrusor, además el eje para los rodillos de la banda transportadora.

- Diseño del eje para el tornillo extrusor

$$\tau = 16 * \frac{T}{D^3} * \pi \quad (4)$$

Ecuación N° 4 Fórmula para el cálculo del esfuerzo cortante

$$\tau = Ssy/n \quad (5)$$

Ecuación N° 5 Fórmula para el cálculo de la resistencia a la fluencia al corte

Dónde:

τ = Esfuerzo cortante debido a la torsión o esfuerzo a la cizalladura.

T = Torque.

D = Diámetro del eje.

Sy = Límite de resistencia a la fluencia.

Ssy = Resistencia a la fluencia al corte.

n = Factor de seguridad.

El acero de transmisión SAE 1018 a usar tiene una resistencia a la fluencia de 69 kpsi entonces nos queda lo siguiente:

$$Ssy = 0.5 * Sy \quad (6)$$

Ecuación N° 6 Fórmula para el cálculo de la resistencia a la fluencia al corte

$$S_{sy} = 0.5 * 69 \text{ kpsi}$$

$$S_{sy} = 34.5 \text{ kpsi}$$

$$T = \frac{63000 * P}{N} \quad (7)$$

Ecuación N° 7 Fórmula para el cálculo del torque

Dónde:

T = torque

P = Potencia del motor-reductor [HP].

N = Revoluciones por minuto [r.p.m.].

$$T = 63000 * 0.75 / 60$$

$$T = 787.5 \text{ lbf/in}$$

$$16 * \frac{T}{D^3} * \pi = \frac{S_{sy}}{n}$$

Iguualamos las ecuaciones (5) y (4)

$$D^3 = \frac{16 * T * n}{S_{sy}} * \pi$$

$$D^3 = \frac{16 * 787.52 * 2}{34.5 * 10^3} * \pi$$

$$D = 0.6149 \text{ in}$$

$$D \text{ H } \frac{3}{4} \text{ in}$$

Este cálculo nos indica que no debemos usar un eje de transmisión con diámetro menor que 0.6149 in. Para esto se escogió un eje de pulgada para la transmisión desde el motor-reductor al tornillo sin fin extrusor.

- Diseño del eje para los rodillos de la banda transportadora

Usamos la (Ecuación N°4.) y (Ecuación N°5.) Para el cálculo del eje de los rodillos

$$\tau = 16 * \frac{T}{D^3} * \pi \quad (8)$$

Ecuación N° 8 Fórmula para el cálculo del esfuerzo cortante

$$\tau = Ssy/n \quad (9)$$

Ecuación N° 9 Fórmula para el cálculo de la resistencia a la fluencia al corte

Dónde:

τ = Esfuerzo cortante debido a la torsión o esfuerzo a la cizalladura.

T = Torque.

D = Diámetro del eje.

Sy = Límite de resistencia a la fluencia.

Ssy = Resistencia a la fluencia al corte.

n = Factor de seguridad.

El acero de transmisión SAE 1018 a usar tiene una resistencia a la fluencia de 69 kpsi entonces nos queda lo siguiente:

Usando la (ecuación 6.) para el cálculo de la resistencia a la fluencia al corte queda lo siguiente:

$$Ssy = 0.5 * 69 \text{ kpsi}$$

$$Ssy = 34.5 \text{ kpsi}$$

Usando la (Ecuación N° 7.) para el cálculo del torque tenemos lo siguiente:

$$T = \frac{63000 * P}{N}$$

Dónde:

T = torque

P = Potencia del motor-reductor [HP].

N = Revoluciones por minuto [r.p.m.].

$$T = \frac{63000 * 0.25}{17}$$

$$T = 926.5 \text{ lb.f/in}$$

Luego usamos la Ecuación N°4 y la Ecuación N°5.

$$16 * \frac{T}{D^3} * \pi = \frac{Ssy}{n}$$

Igualamos las ecuaciones (5) y (4)

$$D^3 = \frac{16 * T * n}{Ssy} * \pi$$

$$D^3 = \frac{16 * 926.5 * 2}{34.5 * 10^3} * \pi$$

$$D^3 = 29648 / 108384.95$$

$$D^3 = 0.27354$$

$$D = 0.649$$

$$D \approx \frac{3}{4} \text{ in}$$

Este cálculo nos indica que no debemos usar un eje de transmisión con diámetro menor que 0.649 in. El eje comercial que se acerca a nuestras necesidades es el eje de transmisión de $\frac{3}{4}$ de pulgada.

3.2.1.2. Cámara de extrusión

Nuestra cámara de extrusión será construida de artesa tubular. Esta será construida de tubo hueco en acero inoxidable de 6mm para absorber la carga que se va a producir.

Flujo de material a extrudir

Para saber el flujo de material a extrudir primero debemos analizar los siguientes parámetros.

Área de relleno del canalón.

Para el cálculo del área de relleno debemos determinar qué tipo de material vamos a extrudir en nuestra máquina, para esto usaremos la Tabla N° 1

Tipo de Carga	
pesada y abrasiva	0.125
pesada poco abrasiva	0.25
ligera poco abrasiva	0.32
ligera no abrasiva	0.4

Tabla N° 1 Tipo de carga del transportador

Referencia: tornillos sinfín, departamento de Ingeniería Mecánica Universidad Carlos III Madrid.

Una vez analizado esto determinamos que nuestro tipo de carga es de tipo ligera no abrasiva, esto se debe a que la carga no tiene dureza alguna que pueda rayar, pulir, desgastar o dar forma a otros materiales, ya que es masa de pan la que va a fluir por el extrusor.

$$s = \lambda * \frac{\pi * D^2}{4} \quad (10)$$

Ecuación N° 10 Fórmula para el cálculo del área de relleno

Dónde:

s = área de relleno del canalón (m²)

λ = coeficiente de relleno de la sección (menor que la unidad para evitar amontonamiento)

D = diámetro externo del canalón

$$s = 0.4 * (\pi * (2 \text{ in})^2) / 4$$

$$s = 1.256 \text{ in}^2$$

$$s = 0.00081 \text{ m}^2$$

Velocidad de desplazamiento del tornillo sinfín

La velocidad del tornillo es inversamente proporcional al peso a granel, abrasividad de las cargas y el diámetro del tornillo.

Materiales pesados	n H 50 rpm
Materiales ligeros	n<150 rpm

Tabla N° 2 Velocidad del motor-reductor de acuerdo al material a transportar
Referencia: tornillos sinfín, departamento de Ingeniería Mecánica Universidad Carlos
III Madrid.

Velocidad del motor-reductor =200 rpm, pero esta velocidad será nominal ya que el variador ejecutará el programa para la selección de la velocidad de giro del motor.

Lo pasamos a radianes por segundo lo que nos queda lo siguiente:

$$200 \frac{rev}{minuto} * \frac{2 * \pi rad}{1 rev} * \frac{1 minuto}{60 s} = 20.94 \frac{rad}{s}$$

$$V = \frac{P*n}{60} \quad (11)$$

Ecuación N° 11 Fórmula para el cálculo de la velocidad de desplazamiento del tornillo

Dónde:

V =velocidad de desplazamiento del tornillo

P =paso del tornillo

n =velocidad del motor-reductor (rad/s)

$$V = \frac{2in * 20.94rad/s}{60}$$

$$V=0.69 \text{ in/s}$$

$$V=0.017 \text{ m/s}$$

Determinación del flujo de material

La capacidad de transporte de un transportador de tornillo sin fin viene determinada por la siguiente expresión que calcula el flujo de material transportado:

$$Q = 3600 * s * V * p * i \quad (12)$$

Ecuación N° 12 Fórmula para el cálculo del flujo de material

Dónde:

Q = es el flujo de material transportado, en kg/h

s = es el área de relleno del transportador, en m², visto en el apartado anterior

V = es la velocidad de desplazamiento del transportador, en m/s, visto en el apartado anterior

p = es la densidad del material transportado, en kg/m³

i = es el coeficiente de disminución del flujo de material debido a la inclinación del transportador.

En la siguiente tabla se muestran los valores de este coeficiente (i) de disminución de flujo que indica la reducción de capacidad de transporte debida a la inclinación:

Inclinación del canalón	0°	5°	10°	15°	20°
i	1	0,9	0,8	0,7	0,6

Tabla N° 3 Grados de inclinación del transportador

Referencia: <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn143.html>

Reemplazando los datos:

$$Q = 3600 * 0.00081 \text{ m}^2 * 0.017 \text{ m/s} * 1800 \text{ kg/m}^3 * 1$$

$$Q = 89.23 \text{ kg/h}$$

La máquina tendrá la capacidad de extrudir un aproximado de 45 kg de masa de galleta por hora.

Determinación de la potencia del motor-reductor

La potencia de accionamiento (P) de un transportador de tornillo sin fin se compone de la suma de tres componentes principales, según se refleja en la siguiente expresión:

$$P = PH + PN + Pi \quad (13)$$

Ecuación N° 13 Fórmula para el cálculo de la potencia total del tornillo sin fin

Dónde:

PH = es la potencia necesaria para el desplazamiento horizontal del material

PN = es la potencia necesaria para el accionamiento del tornillo en vacío

Pi = es la potencia necesaria para el caso de un tornillo sin fin inclinado.

Potencia para el desplazamiento horizontal del material (PH):

La potencia necesaria para realizar el desplazamiento horizontal del material se calcula mediante la siguiente expresión:

$$PH = cO * \frac{Q*L}{367} \quad (14)$$

Ecuación N° 14 Fórmula para el cálculo de la potencia horizontal del material

Dónde:

Q = es el flujo de material transportado

L = es la longitud del transportador, en m

$c0$ = es el coeficiente de resistencia del material transportado. Para el conocer el valor de este coeficiente, se puede emplear la tabla adjunta obtenida empíricamente a partir del ensayo con materiales de distinta naturaleza:

Tipo de material	Valor de c0
Harina, serrín, productos granulosos	1,2
Turba, sosa, polvo de carbón	1,6
Antracita, carbón, sal de roca	2,5
Yeso, arcilla seca, tierra fina, cemento, cal, arena	4

Tabla N° 4 Tipos de material para determinar el coeficiente de resistencia de material

Referencia: <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn143.html>

$$PH = 1.2 * \frac{89.23 * 0.45}{367}$$

$$PH=0.13 \text{ kW}$$

Potencia de accionamiento del tornillo en vacío (PN):

La potencia necesaria para el accionamiento del tornillo en vacío se puede calcular con bastante aproximación mediante la siguiente expresión:

$$PN = \frac{D*L}{20} \quad (15)$$

Ecuación N° 15 Fórmula para el cálculo de la potencia necesaria de accionamiento del tornillo en vacío.

Dónde:

D= es el diámetro de la sección del canalón de la carcasa del transportador, en m

L= es la longitud del transportador, en m

$$PN = \frac{0.0508 * 0.45}{20}$$

$$PN=0.0012 \text{ kW}$$

Normalmente, el valor nominal de esta potencia es muy pequeño en comparación con la potencia necesaria para el desplazamiento del material del punto anterior.

Potencia para el caso de un tornillo sin fin inclinado (P_i):

Este componente se aplica para el caso que se use un transportador de tornillo inclinado, donde exista una diferencia de cota (H) entre la posición de la boca de entrada del material y la boca de salida o de descarga.

En este caso, la potencia necesaria para realizar el desplazamiento del material por un transportador de tornillo inclinado se emplea la siguiente expresión:

$$P_i = \frac{Q * H}{367} \quad (16)$$

Ecuación N° 16 Fórmula para el cálculo de la potencia del tornillo sin fin inclinado.

Donde,

Q = es el flujo de material transportado, en t/h

H = es la altura de la instalación, en m

$$P_i = \frac{89.23 * 0}{367}$$

$$P_i = 0 \text{ kW}$$

Finalmente, la potencia total (P) necesaria para el accionamiento de un transportador de tornillo resulta de la suma de las distintas necesidades de potencias calculadas anteriormente:

$$P = 0.13 + 0.001208 + 0$$

$$P = 0.1324 \text{ kW}$$

La potencia que necesitamos para mover el tornillo sin fin es 0.1324 kW, ya que en nuestro extrusor usaremos dos tornillos sin fin para la extrusión esta potencia sería 0.2649 w de potencia para realizar el trabajo.

$$P = 0.2649 \text{ KW}$$

$$P = 0.35 \text{ hp de potencia del motor-reductor}$$

Nuestra potencia a usar debe ser mayor de 0.35hp.

Diseño de piñones

Los piñones serán los que permitan transmitir el movimiento del motor-reductor a los dos tornillos sinfines extrusores, estos deberán ser del mismo diámetro que el piñón del reductor para tener la misma velocidad en cada tornillos.



FIGURA 13 Piñón, recuperado autodesk inventor professional 2015

Tolva alimentadora

La tolva debe cumplir los siguientes requerimientos:

- El material de la tolva no debe reaccionar químicamente con el alimento.
 - El material de la tolva debe impedir la proliferación de contaminantes biológicos.
 - El material de la tolva no debe reaccionar químicamente con el producto de limpieza y desinfección.
 - El material de la tolva debe ser resistente a la fricción con el alimento.
 - La capacidad de la tolva debe permitir almacenar.
 - La tolva debe soportar el peso del bulto de alimento sin deformarse.
 - Los ángulos de salida de la tolva, deben ser tales que no se deje acumular alimento a dicha salida.
 - Que sea desmontable para su limpieza y mantenimiento.
 - Dentro de la tolva el producto debe tener un flujo constante que facilita su evacuación
- (Carlos Pinto, 2016. p. 65)

❖ Cálculo del volumen de la tolva

$$V = \frac{h}{3} * (A1 + A2 + \sqrt{A1 * A2}) + A1 * h \quad (17)$$

Ecuación N°17 cálculo del volumen de la tolva.

Dónde:

V= volumen de la tolva

H= altura de la tolva

A1= área de parte superior de la tolva

A2= área inferior de la tolva

Datos:

A1=0.12m

A2=0.0128m

h=0.315m

$$V = \frac{0.315m}{3} * (0.12m + 0.0128m + \sqrt{0.12m * 0.0128m}) + 0.12m * 0.315m$$

$$V = 0.02183m^3$$

La tolva alimentadora de la extrusora tendrá la forma de una pirámide truncada. Esta nos facilitara el ingreso de la masa para ser extruida. Como es una estructura que estará en contacto directamente con el alimento, se la realizara en acero inoxidable de 4mm de espesor.

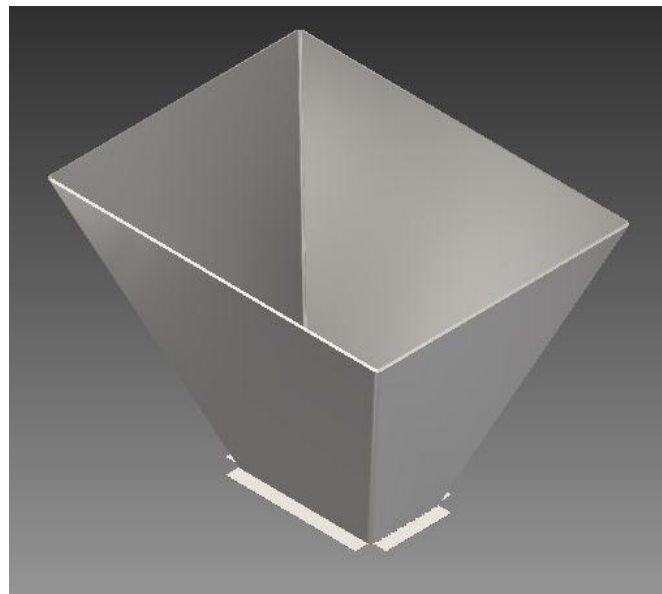


FIGURA 14 Tolva, recuperado autodesk inventor professional 2015

Para esto debemos conocer el volumen de masa que ingresara en la pirámide ya que esta dependerá cuánta masa ingrese a la cámara de extrusión, para luego extruir y moldearla en galleta.

Análisis de la banda transportadora

Para realizar una banda transportadora debemos tener en cuenta varios aspectos que serán fundamentales en nuestro diseño, a continuación se detallaran todos.

Análisis de la banda

En nuestro mercado existe gran variedad de bandas, usadas para transportar diferentes productos, también existen bandas dependiendo de las condiciones de trabajo que se las va a someter, como los que podemos ver en la siguiente tabla.

Lisa	Para instalaciones horizontales y de pequeño ángulo de inclinación.
De superficie rugosa	Para evitar el desplazamiento de las piezas transportadas.
Con pestañas onduladas y salientes, y con nervios en “V”	Para instalaciones de elevado ángulo de inclinación, a fin de impedir el corrimiento del material.

Tabla Nº 5 Tipos de bandas de acuerdo a su fabricación

Nuestra banda será de tipo lisa ya que será una instalación horizontal. Esta será de PVC, esto se debe a que es un buen material para el transporte de alimentos.

Selección de elementos y elaboración de partes

Selección de motores

Para una buena selección de motores debemos considerar varios aspectos importantes, lo cual nos ayudará a la elección del motor adecuado, el mismo que realizará la función en nuestra máquina, este debe trabajar de manera óptima y eficiente para que no presente ningún

problema en su funcionamiento en poco tiempo. Aquí se presentan algunos criterios de selección.

Voltaje de funcionamiento.- nuestro motor será controlado por un variador con salida trifásica por lo que debemos usar un motor trifásico a 60 hz de frecuencia.

Condiciones de trabajo.- esta será usada en lugares superiores a los 1000m sobre el nivel del mar, donde la temperatura de su entorno y ambiente donde estará el motor dependerá de la clase NEMA indicadas en el motor.

Las fallas de motores eléctricos comúnmente se debe a varias circunstancias de trabajo como se nos indica en la Tabla n.5

Tipo de falla	Porcentaje de que ocurra
Sobrecarga	30%
Pérdida de una fase	14%
Contaminantes	19%
Fallas en los rodamientos	13%
Envejecimiento	10%
Falla en el rotor	5%
Otras causas	9%
Total	100%

Tabla N° 6 Fallas en motores eléctricos

El motor que se seleccionó para el extrusor es un motor de inducción, con una salida de 1075rpm del motor, además con una potencia de 0.75hp. Todos estos parámetros fueron tomados a base de cálculos anteriormente realizados.



FIGURA 15 características del motor

Este motor posee un reductor helicoidal con salida de 200 rpm.



FIGURA 16 Características del reductor



FIGURA 17 Motor reductor para extrusión

Para el motor de la banda transportadora fue un motor eléctrico de $\frac{1}{4}$ de hp de potencia, a corriente alterna 220V, estos parámetros seleccionados fueron tomados de los apuntes ya calculados anteriormente en el capítulo 3.



FIGURA 18 Características del motor para la banda transportadora

Este motor tiene un reductor ortogonal incorporado con salida de velocidad de 16 rpm. Para el movimiento de la banda transportadora.



FIGURA 19 motor-reductor banda transportadora

Elaboración de tornillos sin fin



FIGURA 20 Tornillo sin fin

Nuestros tornillos sin fin fueron mecanizados en duralon o nylon, material el cual es muy usado para trabajos en los que están en contacto con alimentos. Este material es de uso sanitario además de tener un peso específico muy bajo lo que lo hace fácil de desmontar y montar, además, que estos fueron hechos con un núcleo de eje de transmisión en acero para evitar que se deformen los tornillos al estar expuestos a torsión.

Hubo varios procesos hasta llegar a estar completos los tornillos, estos fueron los siguientes:

Moleteado de los ejes

Este es un método para dar mayor firmeza y agarre de los tornillos, esto se lo hace en el torno mediante unas moletas que presionan la pieza mientras da vueltas. Esto mantendrá firme al sinfín del eje de transmisión y evitar que este se desprenda y no realice su trabajo con normalidad.

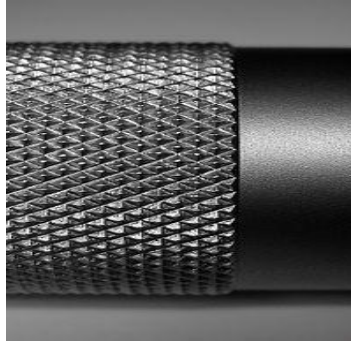


FIGURA 21 Moleteado

Referencia: José Pérez (s.f)

Torneado del eje

Un torno de precisión fue el encargado de dar forma a la hélice del tornillo sinfín, este proceso se lo hace de tal manera que el tornillo sinfín tenga una gran uniformidad.

Acoples en ejes



FIGURA 22 Acoples de ejes

Acoples de ejes para el alargue de ejes de mayor diámetro, esto se lo hace mediante acoples hechos de ejes de transmisión de acero inoxidable de mayor diámetro del tornillo sin fin, haciendo chaveteras en los dos ejes para que se acoplen y fijen bien. Para esto debemos tomar siempre en cuenta que debe ser los acoples mayor al diámetro calculado.

Acople del sistema de transmisión de movimiento piñón- cadena

Estos piñones serán todos del mismo diámetro exterior y mismo número de dientes para tener una transmisión igual en los dos tornillos sinfines extrusores.

Estos son hechos en acero inoxidable para evitar cualquier desgaste por oxidación. Tienen una chaveta para acoplarse directamente al acople del eje como se puede observar en la siguiente figura.



FIGURA 23 Acoples y piñones

Los piñones fueron hechos en acero inoxidable, además fueron fresados para hacer una chaveta la misma que permitirá acoplarse con el eje de mayor diámetro.



FIGURA 24 piñón

Selección de chumaceras

Para la selección nos basamos, en los ejes ya calculados, para esto debemos elegir las chumaceras con el mismo eje de los acoples. También algo que se tomó en cuenta es que debió acoplarse a las bridas. Las chumaceras son de tipo brida cuadradas.



FIGURA 25 Acoples, piñones y brida

En la siguiente tabla podemos seleccionar las chumaceras para el transportador y para los ejes de los tornillos sinfín. El eje de los tornillos sinfín es de 31.75 mm de diámetro.

Elaboración y selección de un sistema de banda transportadora

Una vez ya calculados todos los parámetros de diseño para una banda transportadora seleccionaremos los materiales a usar para la elaboración del transportador.

La banda

La que usaremos será de PVC material usado para el transporte de alimentos, esto se debe a que esta se la puede lavar con facilidad. Sin que afecte a sus propiedades físicas. Esta selección la realizamos desde la (Tabla 3.1.)



FIGURA 26 Banda PVC

Los rodillos

Estos fueron mecanizados en un torno, el material que se usó para esto fue duralon o nylon, con eje de transmisión en el interior de acero inoxidable con diámetro $\frac{3}{4}$ de pulgada según los cálculos realizados, lo cual nos permita acoplar al motor-reductor para brindar movimiento a la banda transportadora.



FIGURA 27 Rodillos para la banda transportadora

Diseño de las boquillas

Las boquillas son una de las partes fundamentales ya que estas permiten la salida de la masa ya moldeada, estas serán desmontables para realizar la limpieza respectiva después del uso de la máquina, además, en un futuro se podrá hacer boquillas de diversas formas para realizar galletas de diversas figuras y formas.

Las boquillas fueron realizadas tomando como forma principal el diseño de la anterior boquilla que era echa de forma manual y con material llamado tol, como podemos indicar en la figura.



FIGURA 28 Boquilla artesanal

La nueva boquilla fue maquinada en una fresa para dar la forma de estrella en la punta y torno para realizar la forma cónica, el material que usamos fue nylon, ya que por sus propiedades físicas y químicas lo hacen muy adecuada para el uso en la industria alimentaria.

En las siguientes figuras podemos observar ya las boquillas maquinadas las mismas que serán acopladas a la salida de los tornillos extrusores.

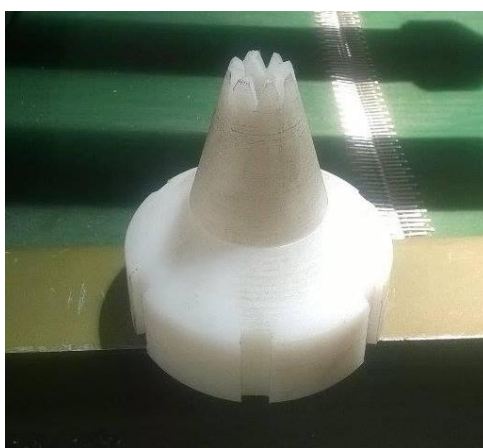


FIGURA 29 Boquilla mecanizada



FIGURA 30 Boquilla mecanizada

Diseño de la estructura

A continuación se analiza la estructura base que tendrá nuestra máquina, ya que es una de las partes fundamentales, esto se debe a que toda esta estructura deberá soportar todas las cargas.

El diseño de la estructura está constituida mediante perfiles en acero ASTM-36, cuyo valor de resistencia de fluencia es de 250 Mpa

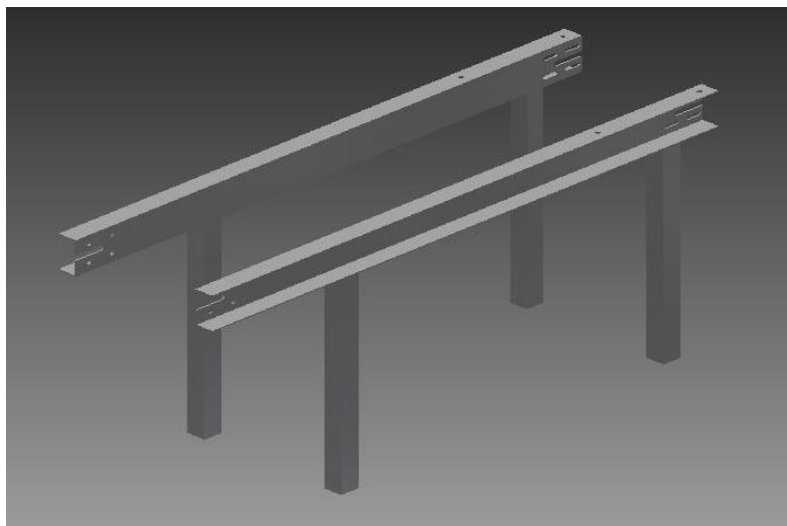


FIGURA 31 Estructura base, recuperado inventor Autodesk 2015

Esta estructura fue sometida a los esfuerzos que tiene la máquina para comprobar su resistencia.

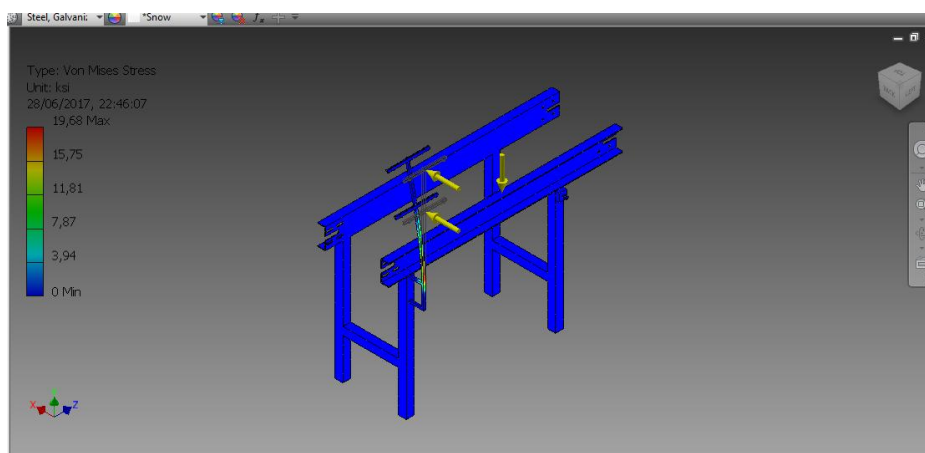


FIGURA 32 Análisis de esfuerzos del transportador

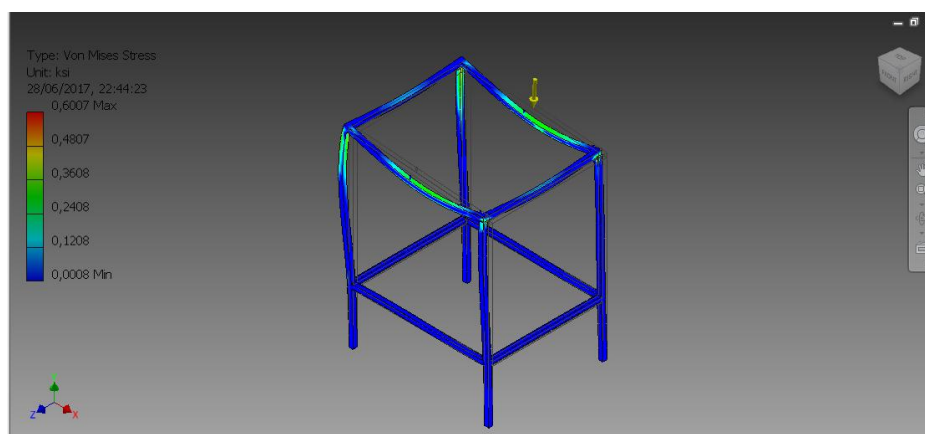


FIGURA 33 Análisis de esfuerzos en la estructura del extrusor.

Ensamblaje de la máquina

Para el ensamble debemos tomar en cuenta que cada parte estaba hecha de acuerdo a los cálculos realizados y a un diseño previo de la máquina. A continuación se ensamblará los perfiles para realizar la estructura base de la máquina. Estas fueron unidas mediante soldaduras de las partes para fijar, y continuamente dar acabados en la estructura ya terminada.



FIGURA 34 Ensamble de la estructura

Aquí se puede observar el acople para el ensamble del tensor que poseerá la banda transportadora, esto será necesario para poder tener una buena tensión de dicha banda.



FIGURA 35 Ensamble del tensor



FIGURA 36 Acople del sistema tensor

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DEL CONTROL ELECTRÓNICO DE LA MÁQUINA

4.1. Análisis y tipo de control

El control que se va a usar en la máquina extrusora de masa será uno en lazo abierto, esto se debe a que no tenemos realimentación y sensores que realicen alguna función específica.

4.1.1. Selección del variador

Debido a que las galletas van a tener diversas formas, y para realizar estas formas dependerá de la velocidad del motor-reductor, que va estar dando movilidad a los tornillos sinfines extrusores, y dado que las velocidades variarán dependiendo del proceso, usaremos un variador de frecuencia el mismo que controlará el motor-reductor.

En base a los cálculos anteriormente realizados el control de velocidad se realizará mediante el variador de frecuencia delta de la familia VFD-E00721C el mismo que se ajusta a los requerimientos del proceso de extrusión como velocidad de los tornillos, potencia requerida, alimentación eléctrica y además que posee un modo PLC para realizar funciones extras.

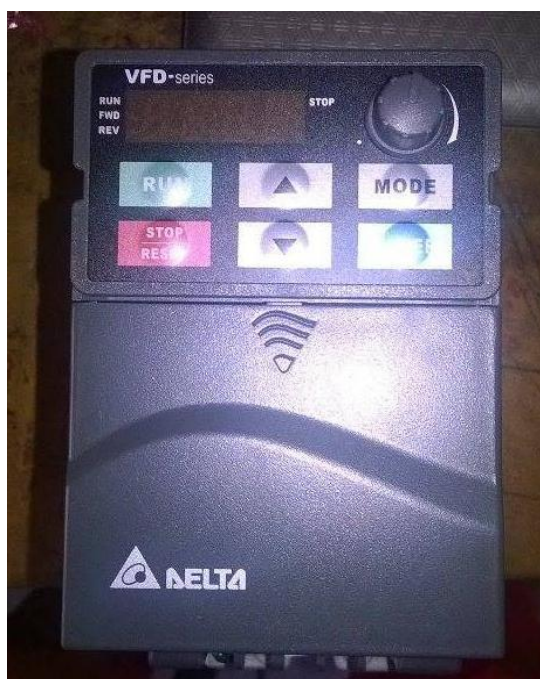


FIGURA 37 Variador de frecuencia de la marca delta

A continuación se presenta el proceso de selección del variador.

En la siguiente tabla se seleccionó el variador dependiendo las condiciones de potencia requerida por el motor-reductor.

Estructura A: cerca de las terminales de salida (U/T1, V/T2, W/T3)

Estructura B: por encima de la placa de identificación

Estructura C: por encima de la etiqueta de advertencia

Estructura	Rango de potencia	Modelos
A	0.25-2hp (0.2-1.5kW)	VFD002E11A/21A/23A,VFD004E11A/21A/23A/43A,VFD007E21A/23A/43A,VFD015E23A/43A,VFD002E11C/21C/23C,VFD004E11C/21C/23C/43C,VFD007E21C/23C/43C,VFD002E11P/21P/23P,VFD004E11P/21P/23P/43P,VFD007E21P/23P/43P,VFD015E23PVFD002E11T/21T/23T,VFD004E11T/21T/23T/43T,VFD007E21T/23T/43T,VFD015E23T/43TVFD015E23C/43C
B	1-5hp (0.75-3.7kW)	VFD007E11A,VFD015E21A,VFD022E21A/23A/43A,VFD037E23A/43A,VFD007E11C,VFD015E21C,VFD022E21C/23C/43C,VFD037E23C/43C
C	7.5-15hp (5.5-11kW)	VFD055E23A/43A,VFD075E23A/43A,VFD110E43A,VFD055E23C/43C,VFD075E23C/43C,VFD110E43C

Tabla N° 7 Potencia de los variadores de frecuencia

Una vez ya analizado todos los parámetros y requerimientos seleccionamos el siguiente variador de frecuencia.



FIGURA 38 especificaciones del variador de frecuencia

En esta tabla se seleccionó el tipo de cable a usar en nuestros equipos para no tener ningún inconveniente ni daños eléctricos. El cable a usar es uno de 12 a 14 AWG debido a que el variador es de estructura A, debido a que maneja corrientes que oscilarán de 15 a 20 amperios.

Estructura	Terminales de energía	Torque	cable	tipo de cable
A	R/L1, S/L2, T/L3	14kgf-cm	12-14 AWG.	Sólo cobre, 75 °C
	U/T1, V/T2, W/T3,	(12in-lbf)	(3.3-2.1mm ²)	
B	R/L1, S/L2, T/L3	18 kgf-cm	8-18 AWG.	Sólo cobre, 75 °C
	U/T1, V/T2, W/T3	(15.6in-lbf)	(8.4-0.8mm ²)	
	+/B1, B2, -,			
C	R/L1, S/L2, T/L3	30 kgf-cm	8-16 AWG.	Sólo cobre, 75 °C
	U/T1, V/T2, W/T3	(26in-lbf)	(8.4-1.3mm ²)	
	+/B1, B2, -,			

FIGURA 39 Tipo de cable para los terminales de energía.

CAPÍTULO V

CONSTRUCCIÓN E INSTALACIÓN DE LA MÁQUINA EXTRUSORA

Una vez ya seleccionado todas las piezas, materiales y equipos a utilizar en la máquina, dispondremos a realizar los montajes respectivos.

5.1. Montaje mecánico

5.1.1. Montaje mecánico de la banda transportadora

El montaje mecánico se debe hacer de todas las partes ya mecanizadas de acuerdo a los cálculos respectivos, equipos seleccionados anteriormente, de acuerdo al diseño previo ya realizado en los capítulos anteriores.

Una vez ya ensamblada la estructura base principal, se procedió a montar las chumaceras los mismos que brindarán la movilidad a los rodillos, luego se montó los rodillos dentro de las chumaceras , luego se incorporó la banda transportadora PVC en los rodillos y se procedió a tensar la banda mediante las chumaceras tensoras, para finalmente acoplar el motor-reductor.



FIGURA 40 Ensamble del transportador

El motor-reductor debe ser acoplado al eje conductor de los rodillos, para así brindar movimiento a todo el sistema de banda transportadora, luego se comprobó el sentido de giro que necesitaremos para el proceso.



FIGURA 41 Transportador



FIGURA 42 Montaje del motorreductor



FIGURA 43 Montaje del motorreductor

5.1.2. Montaje mecánico del extrusor

Para el montaje mecánico del extrusor debemos saber las dimensiones del sistema de banda transportadora ya que esta será nuestra estructura base para soportar todo el extrusor. El montaje se inició mediante el ensamble de las bridas y chumaceras, las mismas que brindarán el movimiento y soporte de los tornillos sinfín.

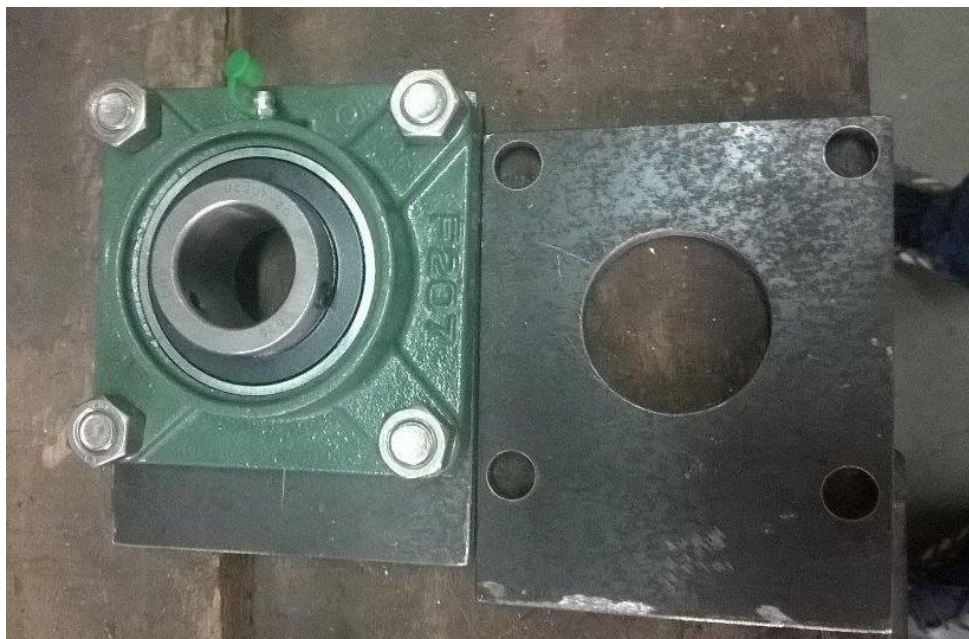


FIGURA 44 Ensamble de bridas y chumaceras

De acuerdo al diseño, la cámara de extrusión o artesa, es de forma tubular, esta fue hecha de un tubo de acero inoxidable de 6mm de espesor, unida a una brida la que permitirá unir a los acoples de los ejes con la brida de soporte y las chumaceras como se muestra en las siguientes figuras.



FIGURA 45 Ensamble de bridas



FIGURA 46 Ensamble de artesa y la transmisión

Hecho esto los tornillos sin fin pueden ser montados en las artesas, cabe recalcar que estos tornillos podrán ser montables y desmontables con facilidad.



FIGURA 47 Tornillos sin fin en las artesas tubulares

Luego de haber acoplado todo el sistema extrusor se procedió a fijar a una estructura, la misma que fue montada en la estructura base del transportador, además se montó el motor-reductor y los piñones alineados para que así el movimiento de los tornillos sean coordinados.

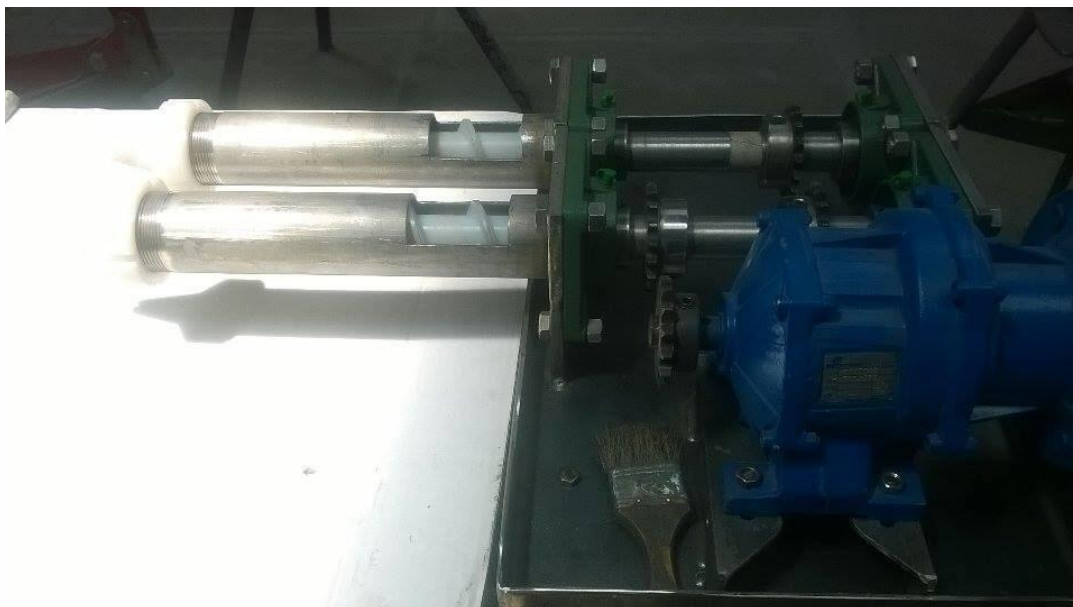


FIGURA 48 Ensamble del sistema de extrusión



FIGURA 49 acople del motor-reductor

También se les colocó las boquillas en la salida de cada artesa que contienen los tornillos sinfines extrusores, por donde saldrá la masa extruida.



FIGURA 50 Montaje del extrusor



FIGURA 51 Montaje del extrusor y boquillas

5.1.3. Montaje de la tolva de entrada del producto

Para el montaje de la tolva se hizo primero una base sobre las artesas tubulares una vez ya realizada la entrada del producto como se puede observar en la siguiente figura.

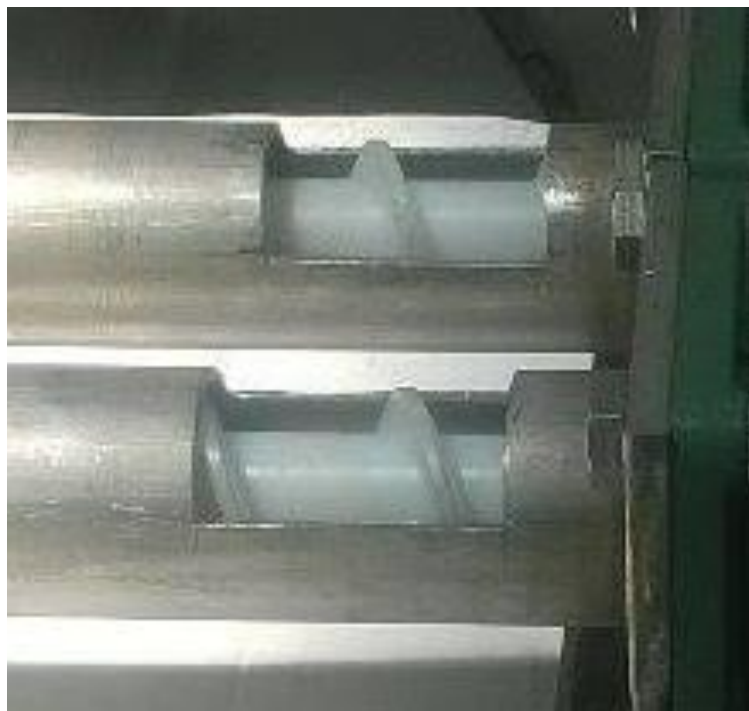


FIGURA 52 Entrada del producto hacia los tornillos

En esta entrada se procedió a soldar una base sólida en acero inoxidable para que soporte la tolva alimentadora de producto. Para esto se desmonto todo el sistema de transmisión también se desmonto los tornillos sinfín.



FIGURA 53 Soporte para la tolva

La tolva fue hecha de acero inoxidable para evitar corrosión del material y por ende que el producto se contamine. Esta tolva fue emperrada en el soporte anteriormente base para que sea montable y desmontable, por motivos de su limpieza una vez que se haya usado.



FIGURA 54 Montaje de la tolva

5.1.4. Montaje de la guillotina

Antes de proceder el montaje de la guillotina se realizó pruebas de corte para determinar el lugar indicado en donde debe ir la guillotina, esta fue ubicada en la salida de las boquillas. Fue construida de acero inoxidable para evitar la corrosión, además posee una base de duralón en donde la galleta ya extruida es cortada con la guillotina. El mecanismo que mueve la guillotina es un cilindro neumático que fue programado en el variador mediante el modo PLC.



FIGURA 55 Guillotina

3.3. Montaje eléctrico

Una vez ya echo todo el montaje mecánico, se procedió a realizar el montaje de todo el sistema eléctrico que va a controlar las funciones de la máquina extrusora.

Para empezar se realizó el diseño del circuito eléctrico, para luego hacer una buena selección de los componentes eléctricos de automatización, para hacer el tablero eléctrico de control. Para la conexión externa del circuito, recomiendan los fabricantes del variador de la marca DELTA, es la siguiente que se presenta en la figura.

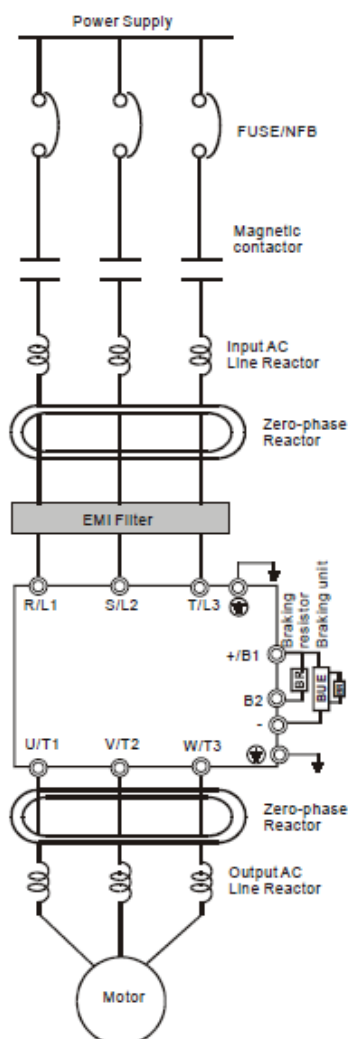


FIGURA 56 Circuito externo del variador

Referencia: DELTA VFD

En la siguiente figura se puede observar el diagrama de conexión del variador de acuerdo a la serie de variador.

Figura 1 para los modelos de la Serie VFD-E

VFD002E11A/21A, VFD004E11A/21A, VFD007E21A, VFD002E11C/21C, VFD004E11C/21C, VFD007E21C, VFD002E11P/21P, VFD004E11P/21P, VFD007E21P

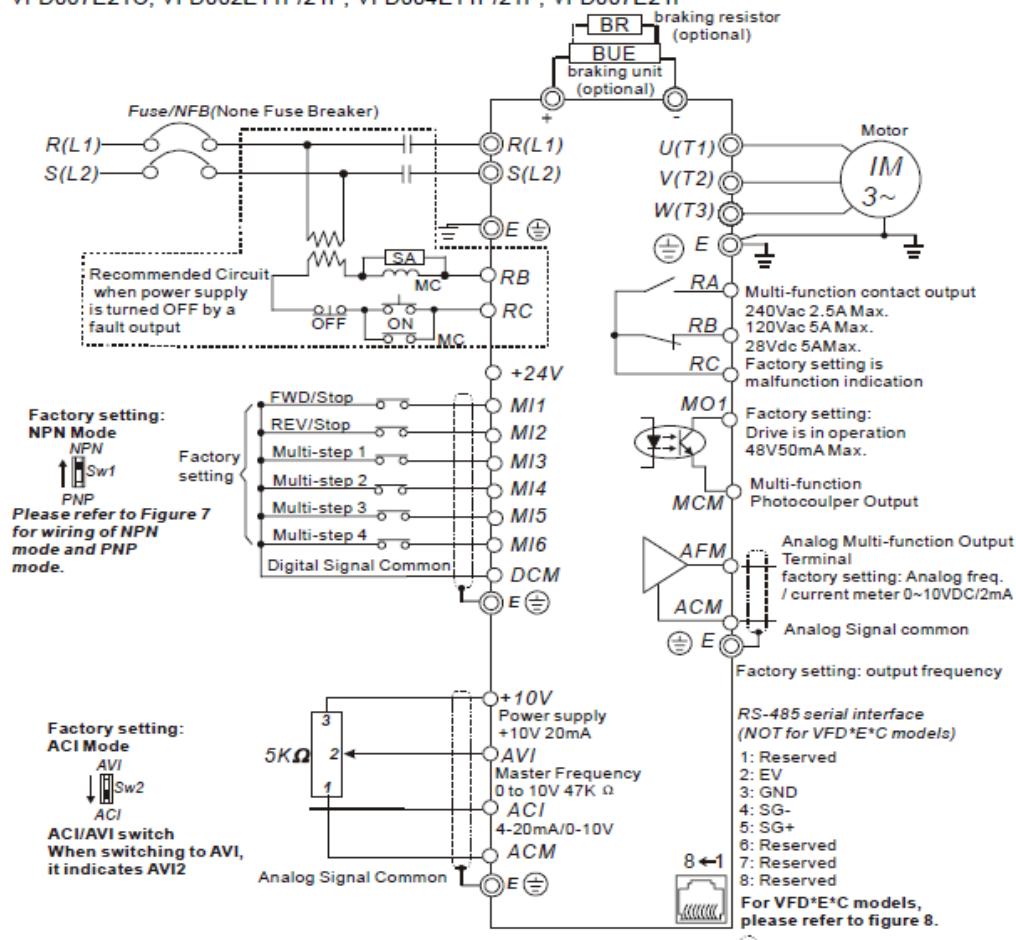


FIGURA 57 Instalación y cableado del variador

Referencia: DELTA VFD

El tablero de control fue seleccionado de acuerdo a la NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2 568:2010 para gabinetes de baja tensión.

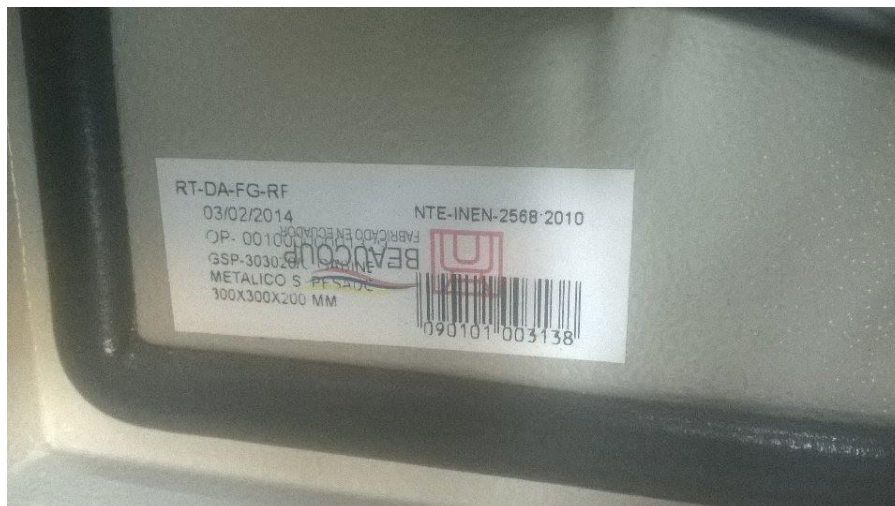


FIGURA 58 Gabinete metálico bajo la norma NTE-INEN 2568 2010

Circuito principal

Los materiales que se usó para la implementación del circuito principal fueron los siguientes:

- Interruptor termo-magnético.

Se usó un interruptor de 4 amperios ya que nuestro variador trabaja hasta 4,2 amperios, este es de la marca ABB cuentan con distintas certificaciones IEC 60898-1 / IEC 60947-2 / UL1077 / CSA 22.2 No 235. Este componente de protección cumplirá en cerrar en caso de que ocurra un cortocircuito en la instalación.



FIGURA 59 Interruptor termo-magnético de la marca ABB

El interruptor elegido fue el ABB de la familia SH200L de acuerdo a la siguiente tabla.

Modelo	In	Icu (kA)	Icu (kA)	Polos	curvas	accesorios
SH200	2 – 63 ^a	3		1 – 2 – 3 – 4	B – C – D – K – Z	NO
SH200 L	2 – 63 ^a	4,5		1 – 2 – 3 – 4	B – C – D – K – Z	NO
SH200 T	2 – 63 ^a	6		1 – 2 – 3 – 4	B – C – D – K – Z	NO
S200	0,5 – 63 ^a	6	10	1 – 2 – 3 – 4	B – C – D – K – Z	SI
S200 M	0,5 – 63 ^a	10	15	1 – 2 – 3 – 4	B – C – D – K – Z	SI
S200 P	0,5 – 63 ^a	25	15 / 25	1 – 2 – 3 – 4	B – C – D – K – Z	SI
S280	80 – 100 ^a	6	6	1 – 2 – 3 – 4	B – C – D – K – Z	SI
S800	6 – 1256 ^a		25 – 36 – 50	1 – 2 – 3 – 4	B – C – D – K – Z	SI

Tabla N° 8 Interruptores termomagnéticos ABB

- Riel DIN

Se usó dos riel DIN de 35 cm para montar los componentes de mando y los elementos de protección según nuestro circuito eléctrico.



FIGURA 60 Riel din

- Los bornes

Estos deben ser bornes para riel DIN, este componente es utilizado para hacer las conexiones de los componentes internos como externos, esto se usó para realizar puentes y evitar cableado en la instalación.



FIGURA 61 bornes para riel DIN

- Selección de conductores del circuito externo.

Para la selección de cables, debemos tomar en cuenta que van existir dos circuitos el primero es el circuito principal y el otro es el circuito de control. El circuito principal va a constar de la alimentación al variador y la salida para el motor. En el circuito de control tendremos dos tipos de terminales que posee el variador.

En la tabla siguiente se puede observar la función de cada terminal del circuito principal.


Símbolo del terminal	Explicación de la función del terminal
R/L1, S/L2, T/L3	Terminales de entrada de línea CA (1 fase / 3 fases)
U/T1, V/T2, W/T3,	Terminales de salida del variador de CA para conectar un motor de inducción de tres fases
+/B1, B2	Conexiones para la resistencia de Frenado (opcional)
+/B1, -	Conexiones para la unidad externa de frenado (series BUE)
	Conexión a tierra, por favor cumpla con las regulaciones locales

Tabla N° 9 Función de los terminales del variador Delta VFD -E

La tabla nos indica que tipo de conductor debemos usar dependiendo el tipo de variador, como el variador a usar es de estructura A, entonces nos indica que para la alimentación del circuito y la conexión del motor debemos usar un cable de cobre de la numeración 12-14 AWG.

Estructura	Terminales de control	Torsión	Cable	Tipo de cable
A	R/L1, S/L2, T/L3	14 kgf-cm	12-14 AWG.	Sólo cobre, 75oC
	U/T1, V/T2, W/T3,	(12in-lbf)	(3.3-2.1mm ²)	
B	R/L1, S/L2, T/L3	18 kgf-cm	8-18 AWG.	Sólo cobre, 75oC
	U/T1, V/T2, W/T3,	(15.6in-lbf)	(8.4-0.8mm ²)	
	+/B1, B2, -,			
C	R/L1, S/L2, T/L3	30 kgf-cm	8-16 AWG.	Sólo cobre, 75oC
	U/T1, V/T2, W/T3,	(26in-lbf)	(8.4-1.3mm ²)	
	+/B1, B2, -,			

Tabla N° 10 Selección de cables para la conexión externa del circuito

Circuito de control

Para el circuito de control también se hizo una selección de materiales para esto se siguió el siguiente circuito.

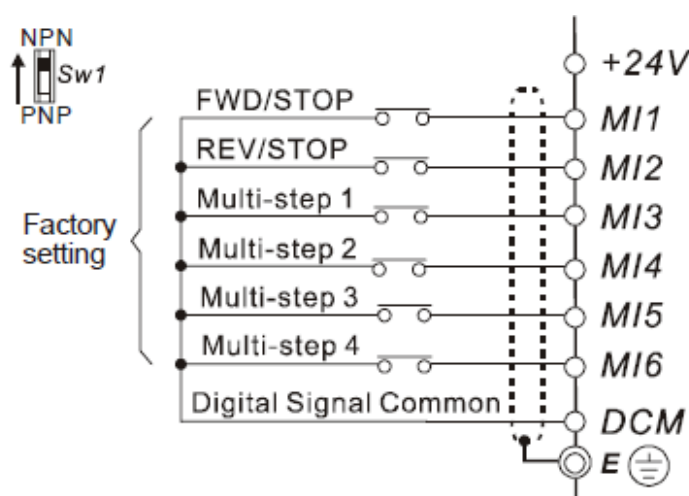


FIGURA 62 Circuito de control de entradas digitales

Referencia: delta vfd

Este circuito está conectado en modo NPN. Aquí se presenta el diagrama interno de las entradas digitales en modo NPN.

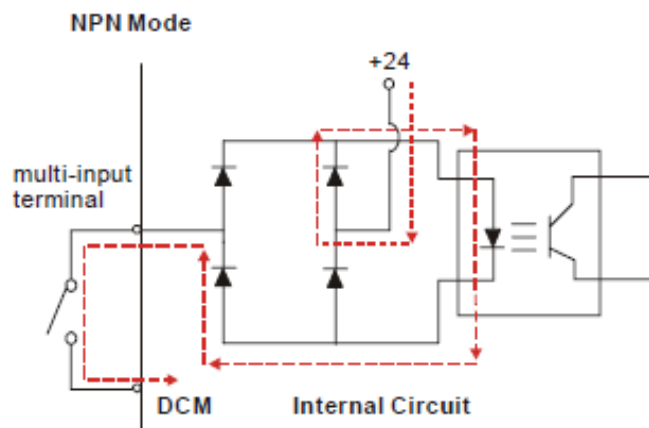


FIGURA 63 Circuito NPN de las entradas digitales

Referencia: DELTA vfd

Para las conexiones del circuito de control tenemos las entradas digitales del variador de acuerdo a la siguiente imagen. En la misma que nos indica dos terminales.

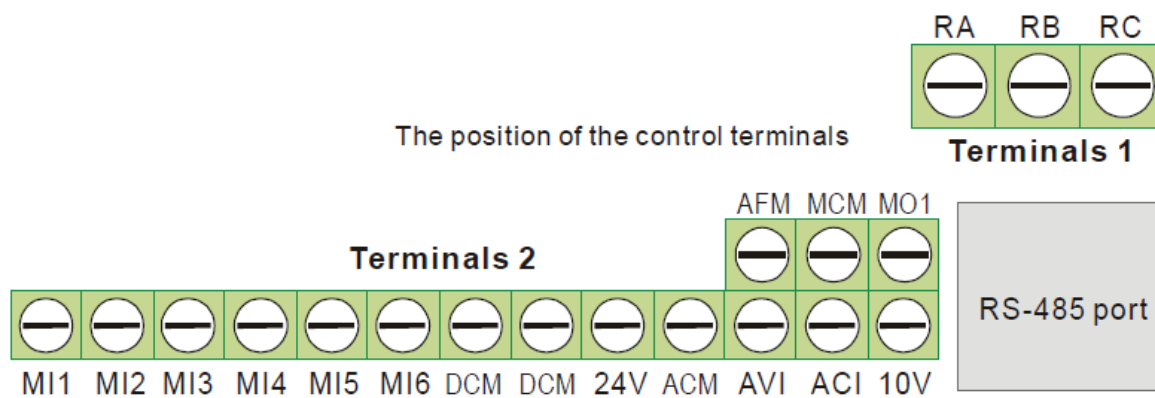


FIGURA 64 Terminales del variador

Referencia: DELTA vfd

En esta tabla se muestra el cable a usar para las entradas digitales de control del variador de frecuencia.

Estructura	Terminales de control	Torsión	Cable
A,B,C	Terminales 1	5 kgf-cm (4.4 in-lbf)	12-24 AWG (3.3-0.2mm ²)
	Terminales 2	2 kgf-cm (1.7 in-lbf)	16-24 AWG (1.3-0.2mm ²)

Tabla N° 11 Selección de cable para terminales de control.

Esta tabla fue tomada de acuerdo a las normas establecidas por el equipo a usar que es el variador de frecuencia de la marca delta de la serie vfd-e.

Los materiales para la implementación del circuito de control fueron los siguientes:

- Pulsadores luminosos de control



FIGURA 65 Botones luminosos de control

Estas botoneras fueron seleccionadas de acuerdo al diseño eléctrico, los botones serán nuestros indicadores luminosos del circuito además de ser los controles de mando ON verde y OFF rojo.



FIGURA 66 Botones luminosos ON-OFF

- Canaletas

Estas son usadas para conducir y proteger los cables que van desde los diferentes componentes hacia el variador de frecuencia y hacia los motores.



FIGURA 67 Canaleta

Luego de haber hecho la selección de materiales se dispuso a conectar y armar el tablero de control de la máquina extrusora.

Primeramente se puso las rieles DIN para colocar todos los elementos de protección, bornes y el variador de frecuencia. Luego en la tapa del gabinete se perforaron huecos para ubicar los accionamientos como pulsadores selectores e indicadores luminosos.

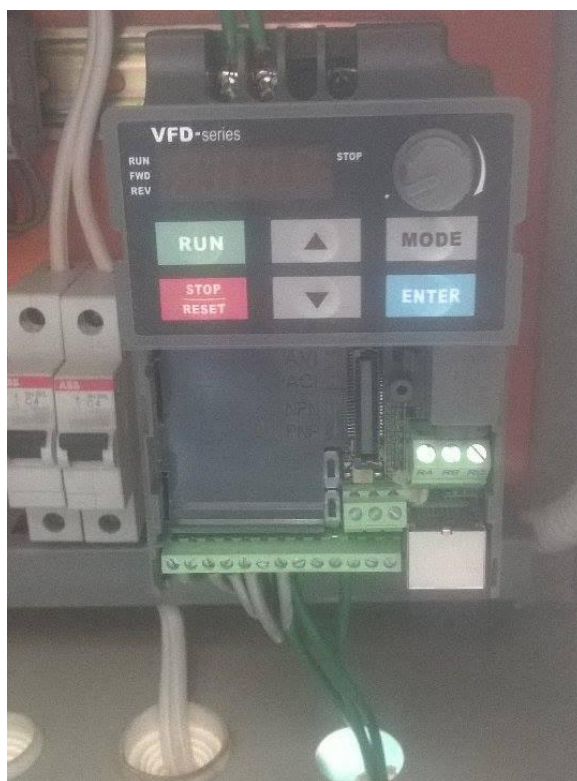


FIGURA 68 Montaje del variador en el gabinete

El diseño cuenta con tres selectores de velocidad que entraran a los terminales 2, en donde se encuentran las entradas digitales del circuito de control.



FIGURA 69 Tablero de control

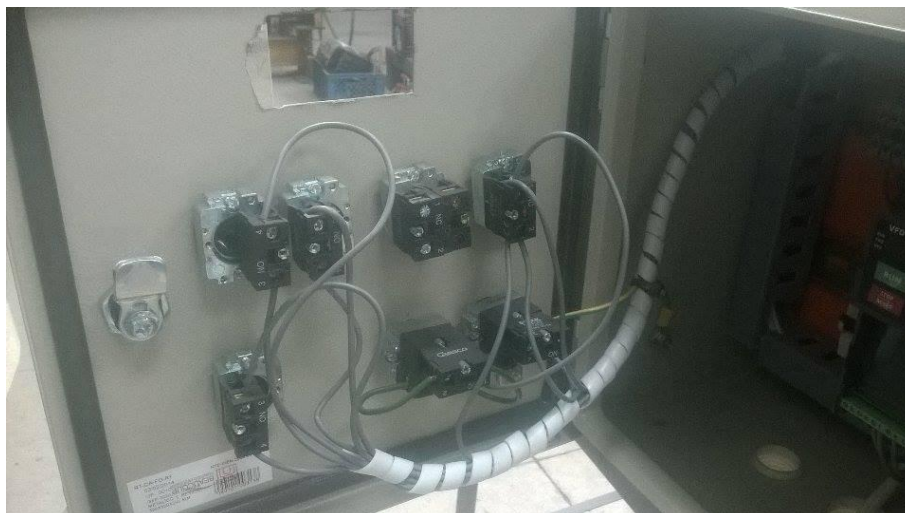
Luego se inició a colocar las canaletas por donde los cables pasaran desde el variador a todos los demás componentes.



FIGURA 70 Montaje de canaletas

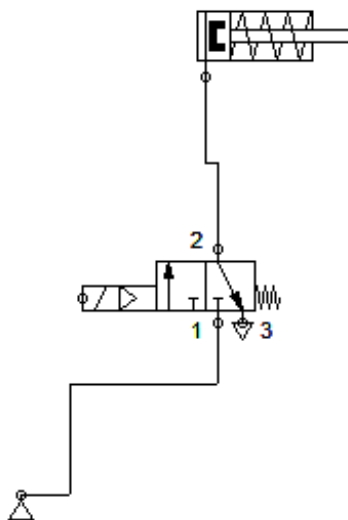
Ya con las canaletas en su sitio se procedió a cablear los componentes eléctricos.



FIGURA 71 Cableado interno del gabinete**FIGURA 72** Cableado de elementos de control

Montaje neumático

Por último se realizó el montaje neumático para el control de la guillotina, este consta de un cilindro neumático simple efecto con retorno con muelle el cual es accionado por una electroválvula 2/1, la misma que recibe la señal temporizada del variador en modo PLC.

**FIGURA 73** Diseño neumático

- Montaje del cilindro

El cilindro que se seleccionó es de simple efecto marca festo de 25 mm de carrera necesaria para el corte de las galletas.

- Montaje de la válvula

La válvula festo MFH-3-M5 es una 2/1 ya que el cilindro es de simple efecto.

- Montaje de la bobina de la válvula neumática

Bobina Festo MSFG-24/42-50/60-OD, ya que es una que se ajusta a nuestro requerimiento técnico.



FIGURA 74 Electroválvula Festo

5.3. Programación del variador de frecuencia

Ya realizado el montaje mecánico y el montaje eléctrico de la máquina extrusora, se procedió a programar el variador de la marca DELTA serie VFD-E, de acuerdo al manual de uso.

Lo que se requirió que el variador realice fue un control de velocidad del motor extrusor, este motor dispone de tres velocidades distintas, la primera velocidad una sumamente baja, la siguiente una velocidad media, y la tercera una velocidad alta. Además de tener luces piloto para indicar el funcionamiento, además se usó una salida relé que posee el variador para el control de la electroválvula que controla el cilindro neumático de la guillotina.

De acuerdo al manual de usuario cada entrada digital tiene una función específica como se lo puede observar en la siguiente tabla.

Símbolo del termina	Función del Terminal	Configuraciones de fábrica (modo NPN)
MI1	Comando de Adelante-Parar	ON: Correr en la dirección MI1 OFF: Alto acc. para el método de paro
MI2	Comando de atrás-Parar	ON: Correr en la dirección MI2 OFF: Alto acc. para el método de paro
MI3	Entrada 3 función múltiple	Refiérase al Pr.04.05 a Pr.04.08 para programar Las entradas de funciones múltiples. ON: La corriente de activación es de 5.5mA. OFF: La tolerancia de fuga de corriente es 10 μ A.
MI4	Entrada 4 función múltiple	
MI5	Entrada 5 función múltiple	
MI6	Entrada 6 función múltiple	
+24V	Fuente de Voltaje DC +24VDC	20mA usado por el modo PNP.
DCM	Común de la Señal Digital	Común para entradas digitales y usada para el modo NPN

Tabla N° 12 Función de los terminales de control

Función PLC

Una vez ya obtenido velocidades prefijadas se realizó un pequeño programa para manipular una guillotina de corte para la galleta, esto se lo hizo mediante la función PLC que tiene incorporado el variador de frecuencia, enseguida se detallara cómo se realizó este procedimiento.

El programa que se usó es el Editor del diagrama escalonado – WPLSoft
WPLSoft es un editor de programas de la serie DVP-PLC y la serie VFD-E de Delta para Windows. Además de funciones de programación general de los PLC y funciones de edición general de WINDOWS, tales como cortar, pegar, copiar y múltiples ventanas, WPLSoft también proporciona varias funciones especiales en chino y en inglés de comentarios, edición y otras tareas (por ejemplo. edición de registros, configuración, lectura de datos, guardado de archivos, y supervisión y establecimiento de contactos, etc.).

Elemento	Requisitos del sistema
Sistema operativo	Windows 95/98/2000/NT/mí/XP
CPU	Pentium 90 y superior
Memoria	16 MB y superior (se recomienda 32 MB y más)
Disco rígido	Capacidad: 50 MB y más CD-ROM (para instalar WPLSoft)
Monitor	Definición: 640×480, 16 colores y más, Se recomienda configurar la pantalla de Windows a 800×600.
Mouse	Mouse genérico o el dispositivo compatible con Windows

Tabla N° 13 Requisitos para instalar WPLsoft

CAPÍTULO VI

6. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

Una vez ya completado el montaje estructural tales como los soportes, el montaje motriz como ejes, motor-reductores, sistema de transmisión; y el montaje eléctrico es decir tablero eléctrico, las primeras pruebas se realizaron con precaución debido al extrusor, se realizaron las pruebas respectivas de funcionamiento en el siguiente orden secuencial:

6.1. Sistema mecánico.

ACCION	PARTES MECANICAS INVOLUCRADAS	VERIFICACION	OBSERVACIONES
ARRANCAR A BAJA VELOCIDAD Y SIN CARGA	TORNILLO EXTRUSOR	EL TORNILLO GIRA SIN NINGUN PROBLEMA Y NO SE TRABA NI HACE RUIDOS EXTRAÑOS	EL VARIADOR DE FRECUENCIA TRABAJA NORMALMENTE Y ACCIONA EL MOTORREDUCTOR A UN RANGO DE VELOCIDAD QUE OSCILA ENTRE 0 Y 120 rpm.
	MOTORREDUCTOR	EL MOTORREDUCTOR TRABAJA DE MANERA NORMAL	
	CAMISA	ENTRE LA CAMISA Y EL TORNILLO NO EXISTE RUIDO Y TRABAJAN NORMALMENTE	
	ESTRUCTURA SOPORTE EXTRUSOR	LA ESTRUCTURA QUE SOPORTA EL EXTRUSOR NO PRESENTA NINGUNA DEFORMIDAD NI ALTERACION, LA PLACA EMPERNADA QUE APOYA EL MOTORREDUCTOR TRABAJA EN OPTIMAS CONDICIONES.	
	CADENA	LA CADENA TRABAJA CON NORMALIDAD Y TRANSMITE EL MOVIMIENDO DESEADO	
	PIÑONES	LOS PIÑONES TRANSMITEN EL MOVIMIENTO NORMALMENTE	
	RODAMIENTOS	LOS RODAMIENTOS NO TIENEN JUEGO Y TRABAJAN NORMALMENTE.	
	EJE MOTRIZ	EL EJE MOTRIZ DE CADA TORNILLO TRANSMITEN EL MOVIMIENTO EN OPTIMAS CONDICIONES	
	BANDA TRANPOSTADORA	LA BANDA FUNCIONA NORMALMENTE Y TRABAJA SINCRONIZADA CON EL EXTRUSOR.	

ACCION	PARTES MECANICAS INVOLUCRADAS	VERIFICACION	OBSERVACIONES
MANTENER LA VELOCIDAD E INCLUIR CARGA	TORNILLO EXTRUSOR	EL TORNILLO GIRA SIN NINGUN PROBLEMA Y NO TOPA CON LA CAMISA LO QUE NOS DA A SUPONER QUE EL JUEGO ES REGULAR.	CON UNA VELOCIDAD BAJA SE INTRODUCE UN POCO DE MASA DE BISCOCHOS PARA COMPROBAR EL FUNCIONAMIENTO DE LOS TORNILLOS.
	MOTORREDUCTOR	EL MOTORREDUCTOR TRABAJA DE MANERA NORMAL	
	CAMISA	ENTRE LA CAMISA Y EL TORNILLO NO EXISTE RUIDO Y TRABAJAN NORMALMENTE	
	ESTRUCTURA SOPORTE EXTRUSOR	LA ESTRUCTURA QUE SOPORTA EL EXTRUSOR NO PRESENTA NINGUNA DEFORMIDAD NI ALTERACION, LA PLACA EMPERNADA QUE APOYA EL MOTOREDUCTOR TRABAJA EN OPTIMAS CONDICIONES A PESAR DEL AUMENTO DE LA VIBRACIÓN.	
	CADENA	LA CADENA TRABAJA CON NORMALIDAD Y TRANSMITE EL MOVIMIENDO DESEADO	
	PIÑONES	LOS PIÑONES TRANSMITEN EL MOVIMIENTO NORMALMENTE	
	RODAMIENTOS	LOS RODAMIENTOS NO TIENEN JUEGO Y TRABAJAN NORMALMENTE.	
	EJE MOTRIZ	EL EJE MOTRIZ DE CADA TORNILLO TRANSMITEN EL MOVIMIENTO EN OPTIMAS CONDICIONES	
	BANDA TRANPOSTADORA	LA BANDA FUNCIONA NORMALMENTE Y TRABAJA SINCRONIZADA CON EL EXTRUSOR.	

ACCION	PARTES MECANICAS INVOLUCRADAS	VERIFICACION	OBSERVACIONES
AUMENTAR LA VELOCIDAD E INCLUIR CARGA	TORNILLO EXTRUSOR	EL TORNILLO GIRA SIN NINGUN PROBLEMA Y NO TOPA CON LA CAMISA LO QUE NOS DA A SUPONER QUE EL JUEGO ES REGULAR A PESAR DEL AUMENTO DE VELOCIDAD.	LA VELOCIDAD DEL EXTRUSOR SE PUEDE AUMENTAR CON FACILIDAD GRACIAS AL VARIADOR DE FRECUENCIA, SE AUMENTA MASA EN EL EXTRUSOR A PESAR DE ESO EL MOTORREDUCTOR TRABAJA NORMALMENTE.
	MOTORREDUCTOR	EL MOTORREDUCTOR TRABAJA DE MANERA NORMAL ASI SE VARIE LA VELOCIDAD	
	CAMISA	ENTRE LA CAMISA Y EL TORNILLO NO EXISTE RUIDO Y TRABAJAN NORMALMENTE, NO SE TOPAN.	
	ESTRUCTURA SOPORTE EXTRUSOR	LA ESTRUCTURA QUE SOPORTA EL EXTRUSOR NO PRESENTA NINGUNA DEFORMIDAD NI ALTERACIÓN, LA PLACA EMPERNADA QUE APOYA EL MOTORREDUCTOR TRABAJA EN OPTIMAS CONDICIONES A PESAR DEL AUMENTO DE VELOCIDAD Y LA VIBRACIÓN.	
	CADENA	LA CADENA TRABAJA CON NORMALIDAD Y TRANSMITE EL MOVIMIENTO DESEADO	
	PIÑONES	LOS PIÑONES TRANSMITEN EL MOVIMIENTO NORMALMENTE	
	EJE MOTRIZ	EL EJE MOTRIZ DE CADA TORNILLO TRANSMITEN EL MOVIMIENTO EN OPTIMAS CONDICIONES	
	RODAMIENTOS	LOS RODAMIENTOS NO TIENEN JUEGO Y TRABAJAN NORMALMENTE.	
	BANDA TRANPOSTADORA	LA BANDA FUNCIONA NORMALMENTE Y TRABAJA SINCRONIZADA CON EL EXTRUSOR.	

Tabla Nº 15 pruebas de funcionamiento sistema mecánico

6.2. Sistema eléctrico-electrónico.

Para la comprobación del sistema eléctrico- electrónico al igual que el sistema mecánico se procedió a la comprobación de las partes involucradas, como se detalla en la siguiente tabla:

ACCION	PARTES ELECTRONICAS Y ELECTRICAS INVOLUCRADAS	VERIFICACION	OBSERVACIONES
ARRANCAR A BAJA VELOCIDAD Y SIN CARGA	VARIADOR DE FRECUENCIA	EL VARIADOR Y TRABAJA CON NORMALIDAD, CON UNA FRECUENCIA BAJA MEDIANTE EL POTENCIOMETRO	EL VARIADOR DE FRECUENCIA TRABAJA A 220 V MONOFASICA CON SALIDA TRIFASICA PARA EL MOTORREDUCTOR DEL EXTRUSOR.
	VALVULA ELECTRONEUMATICA	LA VÁLVULA ACCIONA PERFECTAMENTE AL CILINDRO NEUMÁTICO	
	TEMPORIZADOR	EL TEMPORIZADOR ACCIONA AL MOTORREDUCTOR EN EL TIEMPO DESEADO	
	CONTROLES DIGITALES DE VELOCIDAD DEL EXTRUSOR	LOS CONTROLES FUNCIONAN Y CAMBIAN LA VELOCIDAD DEL MOTORREDUCTOR	
	MOTORREDUCTOR EXTRUSOR	EL MOTOTRREDUCTOR ENCIENDE NORMALMENTE	
	MOTORREDUCTOR TRANSPORTADOR	EL MOTORREDUCTOR DEL TRANSPORTADOR FUNCIONA PERFECTAMENTE	
MANTENER LA VELOCIDAD E INCLUIR CARGA	VARIADOR DE FRECUENCIA	CON LOS SELECTORES DIGITALES SE SUBE A UNA VELOCIDAD YA ESTABLECIDA POR LOS PARÁMETROS QUE POSEE EL VARIADOR	LA MASA DE BIZCOCHO ES INGRESADA PARA SER EXTRUIDA, EL VARIADOR Y DEMAS COMPONENTES FUNCIONAN PERFECTAMENTE.
	VALVULA ELECTRONEUMATICA	LA VÁLVULA ACCIONA PERFECTAMENTE AL CILINDRO NEUMÁTICO MEDIANTE UN PROGRAMA GRABADO EN EL VARIADOR EN EL MODO PLC	
	TEMPORIZADOR	EL TEMPORIZADOR ACCIONA AL MOTORREDUCTOR EN EL TIEMPO DESEADO	
	CONTROLES DIGITALES DE	LOS CONTROLES	

	VELOCIDAD DEL EXTRUSOR	FUNCIONAN Y CAMBIAN LA VELOCIDAD DEL MOTORREDUCTOR	
	MOTORREDUCTOR EXTRUSOR	EL MOTOTRREDUCTOR AUMENTA SU VELOCIDAD CON NORMALIDAD	
	MOTORREDUCTOR TRANSPORTADOR	EL MOTORREDUCTOR DEL TRANSPORTADOR FUNCIONA PERFECTAMENTE	
AUMENTAR LA VELOCIDAD E INCLUIR CARGA	VARIADOR DE FRECUENCIA	EL VARIADOR TRABAJA CON NORMALIDAD A PESAR DE INCLUIR CARGA	EL VARIDOR Y EL MOTORREDUCTOR FUNCIONAN PERFECTAMENTE Y LA MASA SALE EXTRUIDA OBTENIENDO UNA GALLETA MELVA LISTA PARA SER HORNEADA.
	VÁLVULA ELECTRONEUMÁTICA	LA VÁLVULA ACCIONA PERFECTAMENTE AL CILINDRO NEUMÁTICO	
	TEMPORIZADOR	EL TEMPORIZADOR ACCIONA AL MOTORREDUCTOR EN EL TIEMPO DESEADO	
	CONTROLES DIGITALES DE VELOCIDAD DEL EXTRUSOR	LOS CONTROLES FUNCIONAN Y CAMBIAN LA VELOCIDAD DEL MOTORREDUCTOR	
	MOTORREDUCTOR EXTRUSOR	EL MOTOTRREDUCTOR ENCIENDE NORMALMENTE	
	MOTORREDUCTOR TRANSPORTADOR	EL MOTORREDUCTOR DEL TRANSPORTADOR FUNCIONA PERFECTAMENTE	

Tabla N° 16 pruebas de funcionamiento sistema eléctrico-electrónico.

CONCLUSIONES

- Se logra minorar en tiempo de realización de los bizcochos y galletas melva.
- El tipo de masa a usar debe ser una con una densidad alta, para que el producto salga con una figura definida y que el producto no se pegue en el extrusor.
- El corte del bizcocho o melva debe ser rápido, por este motivo el cilindro neumático fue el mejor actuador para el accionamiento de la guillotina.
- El paso del tornillo sin fin es muy importante para que el flujo de salida del material sea constante.
- La producción de bizcochos y galletas aumentaron sin necesidad de aumentar más personal para su elaboración.
- El motor-reductor del extrusor al poseer un piñón se le acoplo a los dos tornillos sin fin para su accionamiento y que el movimiento sea sincronizado.

RECOMENDACIONES

- Antes del uso de la máquina es necesario leer el manual de usuario, la misma que indica los pasos a seguir para desmontar y montar la máquina y saber cuáles son los actuadores de activación.
- Evaluar si la máquina está recibiendo un adecuado mantenimiento preventivo. Si no se lo ha hecho comunicarse con algún técnico especializado en la rama para que realice un mantenimiento correctivo si el caso lo amerita.
- Mantener en condiciones recomendables la funcionalidad de la máquina de acuerdo al manual de mantenimiento.
- Si se desea cambiar el temporizador de la guillotina, esto debe hacerlo una persona que pueda manipular el variador y tenga conocimientos en programación.
- Se recomienda lavar la máquina en donde el producto haya pasado, para que así la próxima elaboración de galletas estas no estén contaminadas.

BIBLIOGRAFÍA

TESIS:

- Pinto, C. (2006). *Diseño, modelamiento y simulación de máquina dosificadora de alimento granulado para animales*. (Tesis de pregrado). Universidad de la Salle Bogotá D.C. Colombia. Recuperado de <http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/16483/00781358.pdf?sequence=1>
- Hinojosa, H. (2002). *Software para diseño de transportadores de banda*. (Tesis de pregrado). Escuela superior politécnica del litoral. Ecuador. Recuperado de <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/4477>
- Cun, M. (2010). *Mejoramiento Y Tecnificación De Extrusora Para La Elaboración De Ladrillos Artesanales*. (Tesis de pregrado). Escuela superior politécnica del litoral. Ecuador. Recuperado de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/13270/1/Mejoramiento%20y%20Tecnificaci%C3%B3n%20de%20maquinas%20extrusora.pdf>
- Cuadros, A. (2011). *Reconstrucción y reconversión de una máquina de extrusión soplada para el laboratorio de procesamiento de plásticos*. (Tesis de pregrado). Universidad autónoma de México.
- Tisalema, A. (2012). *Repotenciación y mantenimiento mejorativo de la maquina extrusora de polietilenos de la empresa eduplastic de la ciudad de Latacunga*. (Tesis de pregrado). Escuela superior politécnica de Chimborazo. Recuperado de <http://dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/2401/1/25T00179.pdf>
- Bedon, J. (2012). *Diseño y construcción de un equipo para la extrusión*

directa, inversa y mixta, en frío de perfiles metálicos no ferrosos de manufactura del DECEM. . (Tesis de pregrado).Escuela superior politécnica del Ejército. Ecuador. Recuperado de repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/5860/1/T-ESPE-034308.pdf

Cobos, C. (2011). *Diseño de un sistema de extrusión peletizado para el procesamiento de los residuos plásticos para la empresa municipal de la ciudad de Cuenca EMAC.* (Tesis de pregrado).universidad politécnica Salesiana. Ecuador. Recuperado de dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/2604/13/UPS-CT002439.pdf

Dávila, A.; Velázquez, R.; Zambrano, K. (2011). *Implementación de un software y equipos para su operatividad para el cálculo y diseño de transportadores de tornillo sinfín y cangilones para el laboratorio de dibujo mecánico asistido por computador de la carrera de ingeniería mecánica de la UTM.* Portoviejo: Universidad técnica de Portoviejo.

ARTÍCULOS ONLINE

Maquinas galleteras. (s.f.). Recuperado el 23 de abril de 2015, de http://www.famipack.com/portal/index.php?Itemid=2&catid=34:productos&id=50:maquina-para-galletas-de-masa-elastica&option=com_content&view=article

Extrusión. (s.f.). Recuperado el 23 de abril de 2015, de <http://es.wikipedia.org/wiki/Extrusi%C3%B3n>

Principios del procesado de los polímeros. Procesado de polímeros. (s.f.). Recuperado 23 de abril de 2015. De

http://es.wikiversity.org/wiki/Principios_del_procesado_de_los_pol%C3%ADmeros._Procesados_de_pol%C3%ADmeros

Bandas transportadoras. (s.f.). Recuperado el 24 de abril de 2015, de <http://dim.usal.es/areaim/guia%20P.%20I/bandas%20transportadoras.htm>

Sistema de control. (s.f.). Recuperado el 29 de abril de 2015 de http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_control

Sistemas de control - lazo abierto -lazo cerrado. (s.f.). Recuperado el 29 de abril de 2015 de http://www.academia.edu/7885227/Sistemas_de_control_-_lazo_abierto_-_lazo_cerrado

Controles Eléctricos Industriales. (s.f.). Recuperado el 29 de abril de 2015 de <http://html.rincondelvago.com/controles-electricos-industriales.html>

Máquinas eléctricas rotativas. (s.f.). Recuperado el 29 de abril de 2015 de http://www.infopl.net/files/documentacion/motion_control/infoPLC_net_8448127641.pdf

Motor electrico trifásico. (s.f.). Recuperado el 29 de abril de 2015 de <http://www.monografias.com/trabajos91/motor-electrico-trifasico/motor-electrico-trifasico.shtml>

Reductores y Motorreductores.(s.f.). Recuperado el 29 de abril de 2015 de <http://www.monografias.com/trabajos13/reducty/reducty.shtml>

LIBROS

Ogata. K. (2003), *Ingeniería de control moderna*, 4ta. Edición, Madrid; México, D. F

ANEXO A. MANUAL DEL USUARIO.

1. Precauciones

- Evitar derrame de sustancias hacia el tablero de control.
- No cambiar configuraciones del teclado.
- No abrir las tapas de la estructura que protege al sistema de transmisión.
- No aflojar pernos de la banda transportadora.
- No rayar la cinta de la banda transportadora.
- No introducir elementos sólidos dentro del extrusor.
- No derramar líquidos sobre los motores.
- No exponer a ambientes de alta temperatura.
- No conectar a energía trifásica.
- No manipular el tablero sin conocimiento alguno.
- No derramar líquidos sobre el tablero de control.
- Desmontar los tornillos para lavarlos bien, no lavarlos puestos en los ejes.

2. Introducción

La máquina extrusora fue diseñada para mejorar la producción de galletas melvas y bizcochos, la máquina extrude la masa de acuerdo a la velocidad elegida por el usuario mediante selectores, dejándola salir por las boquillas para luego ser cortadas por una guillotina, luego son transportadas por la banda hasta que el operario las recoja en las bandejas y estén listas para ingresar al horno.

3. Especificaciones técnicas

El sistema es alimentado con energía alterna bifásica 220v, la guillotina es accionada por dos solenoides que están conectados a la salida del variador a 24VDc con salida relé. Los sensores en las tapas usan las salidas del variador las mismas que mediante reductores de voltaje se alimentan.

Alimentación externa 220VAc

Alimentación interna 24VDc

Alimentación electroválvula 24VDc

4. Puesta en marcha de la máquina extrusora

Para la puesta en marcha el usuario debe conocer todos los selectores y switch de activación y desactivación de mando, además de conocer el teclado del variador que se mencionan a continuación:

- Switch de encendido general: ON-OFF

Este switch enciende o apaga toda la máquina extrusora y la banda transportadora.

- Pulsador normalmente cerrado (paro de emergencia): OFF

Este pulsador en caso de emergencia apaga todo el sistema para evitar daños.

- Botón RUN del teclado: ON

Este botón pone en marcha el extrusor, esto se le puede observar en la pantalla cuando se prende un led rojo frente a RUN.

- Botón STOP/RESET del teclado: OFF

El botón stop desactiva el motor del extrusor

- Botones



Estos botones pueden controlar la frecuencia del motor manualmente sin usar ninguno de los selectores de velocidad.



Cuando se ha activado el botón RUN



Cuando se pulsa STOP/RESET se enciende el led STOP

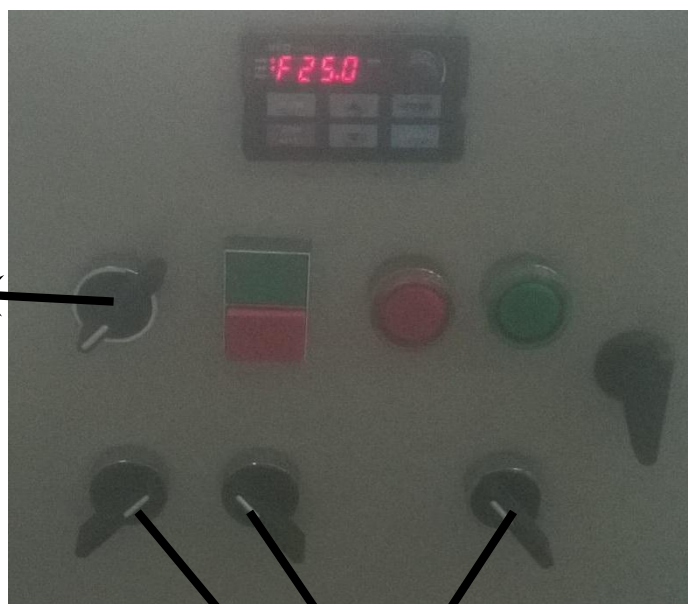
- Selector para la guillotina: ON- OFF

Este selector enciende o apaga la guillotina.

- Selectores de velocidad: ON-OFF

Estos selectores elegirán qué velocidad se quiere para el extrusor, para elegir una velocidad uno de los selectores debe estar en ON mientras los otros deben estar en OFF.

SELECTOR
PARA
ENCENDER LA
GUILLOTINA



SELECTORES DE
VELOCIDAD

ANEXO B. MANUAL DE MANTENIMIENTO.

1. Precauciones

- Para armar y desarmar la máquina para la limpieza se debe tener precaución ya que esta debe estar totalmente desconectada. Una vez sin energía se desmonta con cuidado las boquillas y los tornillos sinfín para realizar su limpieza.
- Para la limpieza de la banda se la debe energizar para que dé vueltas, y tan solo pasar un trapo húmedo y limpiarlo mientras gira.
- Para hacer limpieza a la tolva se la debe desmontar, procediendo a destornillar y sacar toda la tolva esto se debe hacer cuando la máquina esté desconectada de la energía eléctrica.
- Así mismo para la limpieza de las artesas se la debe hacer sin los tornillos sinfín.

2. Introducción

La máquina extrusora es necesario que tenga un mantenimiento preventivo para evitar daños que podrían ser permanentes e irreparables además de un monitoreo de su funcionamiento.

El mantenimiento que requiere la máquina es fácil y no tomará mucho tiempo en hacerlo.

3. Mantenimiento de los motores

El mantenimiento en los motores debe ser preventivo para evitar daños irreparables, el mantenimiento sería con cambios de rodamientos cada 4 a 5 meses, revisar si los ventiladores funcionan con normalidad.

En caso de calentamiento de los motores desconectar y verificar si los conductores no tienen abolladuras, si esto persiste llamar al personal propicio para que lo revise.

4. Lubricación del sistema de transmisión

Realizar una lubricación en ejes, chumaceras y piñones para evitar desgaste de los mismos, esto se realizará mensualmente y con un lubricante adecuado y de manera moderada.

5. Limpieza de la estructura

Se la debe realizar después de su uso para evitar desgaste y deterioro de la misma.

6. Cambio de conductores

En caso de que los conductores estén rotos o adquieran otro color se los debe cambiar para evitar corto circuito en la máquina.

7. Limpieza de la cinta

Esta se la debe realizar con un paño húmedo mientras la banda está girando.

8. Mantenimiento del variador

Los variadores para motor AC modernos se basa en tecnología electrónica de estado sólido. Se requiere mantenimiento preventivo para mantener el motor variador de AC en óptima condición y asegurarle una larga vida. Se recomienda que un técnico calificado realice una revisión del motor variador de AC regularmente.

9. Inspección diaria:

Los puntos de revisión básicos para detectar si existe alguna anomalía durante la operación son:

1. Si los motores no están operando como se espera.
2. Si el ambiente de instalación es anormal.
3. Si el sistema de enfriamiento no está operando como se espera.
4. Si alguna vibración irregular o sonido ocurrió durante la operación.
5. Si los motores se están sobrecalentando durante la operación.
6. Siempre revise el voltaje de entrada del variador AC con un voltímetro.

10. Mantenimiento periódico

Entorno ambiental

Revisar ítems	Métodos y criterios	Periodo de mantenimiento		
		A diario	Medio año	Un año
Revise la temperatura ambiental, humedad, vibraciones y vea si hay polvo, gas, gotas de aceite o agua	Inspección visual y mediciones con equipo con especificaciones estándar	○		
Revise si hay algún objeto peligroso en el ambiente	Inspección visual	○		

Tabla N° 17 periodo de mantenimiento entorno ambiental.

Voltajes

Revisar ítems	Métodos y criterios	Periodo de mantenimiento		
		A diario	Medio año	Un año
Revise si el voltaje del circuito principal y el de control es el correcto	Mida con un multímetro con especificación estándar	○		

Tabla N° 18 periodo de mantenimiento voltajes.

Teclado

Revisar ítems	Métodos y criterios	Periodo de mantenimiento		
		A diario	Medio año	Un año
¿Está la pantalla limpia para la lectura?	Inspección visual	○		
¿Algún caracter perdido?	Inspección visual	○		

Tabla N° 19 periodo de mantenimiento teclado.

Terminales y cableado del circuito principal

Revisar ítems	Métodos y criterios	Periodo de mantenimiento		
		A diario	Medio año	Un año
Si el cableado muestra cambios de color o deformación debido al sobrecalentamiento	Inspección visual		<input type="radio"/>	
Si el aislamiento del cableado está dañado o el color ha cambiado	Inspección visual		<input type="radio"/>	
Si hay algún daño	Inspección visual		<input type="radio"/>	

Tabla N° 20 periodo de mantenimiento terminales y cableado del circuito principal.

ANEXO C. PARÁMETROS DEL VARIADOR EN MODO PLC

Una vez ya conocido las funciones de las entradas digitales se procedió a escoger los parámetros necesarios para el control del extrusor.

Parámetro 2.01. Fuente de primer comando de operación

Configuración de fábrica: 1

Con este parámetro podemos modificar el control de arranque del variador

Configuraciones:

0 Teclado numérico digital (El teclado numérico digital es opcional)

1 Terminales externos. STOP/RESET de teclado habilitado.

2 Terminales externos. STOP/RESET de teclado deshabilitado.

3 Comunicación RS-485 (RJ-45)/USB. STOP/RESET de teclado habilitado.

4 Comunicación RS-485 (RJ-45)/USB. STOP/RESET de teclado deshabilitado.

5 Comunicación CANopen Desactivado el teclado numérico ALTO/RESTABLECER (STOP/RESET).

Grupo de parámetros 5: Multi-step Speeds Parámetros

Mediante este parámetro nosotros podemos instalar velocidades prefijadas en el variador de entre 0 Hz a 60 Hz.

Parámetro 5.00. 1er paso de velocidad de frecuencia Unidad: 0.01

Parámetro 5.01. 2do paso de velocidad de frecuencia Unidad: 0.01

Parámetro 5.02. 3ro paso de velocidad de frecuencia Unidad: 0.01

Parámetro 5.03. 4to paso de velocidad de frecuencia Unidad: 0.01

Parámetro 5.04. 5to paso de velocidad de frecuencia Unidad: 0.01

Parámetro 5.05. 6to paso de velocidad de frecuencia Unidad: 0.01

Parámetro 5.06. 7mo paso de velocidad de frecuencia Unidad: 0.01

Parámetro 5.07. 8vo paso de velocidad de frecuencia Unidad: 0.01

Parámetro 5.08. 9no paso de velocidad de frecuencia Unidad: 0.01

Parámetro 5.09. 10mo paso de velocidad de frecuencia Unidad: 0.01

Parámetro 5.10. 11vo paso de velocidad de frecuencia Unidad: 0.01

Parámetro 5.11. 12vo paso de velocidad de frecuencia Unidad: 0.01

Parámetro 5.12. 13vo paso de velocidad de frecuencia Unidad: 0.01

Parámetro 5.13. 14vo paso de velocidad de frecuencia Unidad: 0.01

Parámetro 5.14. 15vo paso de velocidad de frecuencia Unidad: 0.01

En la siguiente tabla podemos observar las combinaciones de las entradas para obtener la frecuencia deseada.

	MI6=4	MI5=3	MI4=2	MI3=1
Frecuencia maestra	APAGADO	APAGADO	APAGADO	APAGADO
1ra velocidad	APAGADO	APAGADO	APAGADO	ENCENDIDO
2da velocidad	APAGADO	APAGADO	ENCENDIDO	APAGADO
3ra velocidad	APAGADO	APAGADO	ENCENDIDO	ENCENDIDO
4ta velocidad	APAGADO	ENCENDIDO	APAGADO	APAGADO
5ta velocidad	APAGADO	ENCENDIDO	APAGADO	ENCENDIDO
6ta velocidad	APAGADO	ENCENDIDO	ENCENDIDO	APAGADO
7ma velocidad	APAGADO	ENCENDIDO	ENCENDIDO	ENCENDIDO
8va velocidad	ENCENDIDO	APAGADO	APAGADO	APAGADO
9na velocidad	ENCENDIDO	APAGADO	APAGADO	ENCENDIDO
10ma velocidad	ENCENDIDO	APAGADO	ENCENDIDO	APAGADO
11ma velocidad	ENCENDIDO	APAGADO	ENCENDIDO	ENCENDIDO
12ma velocidad	ENCENDIDO	ENCENDIDO	APAGADO	APAGADO
13ra velocidad	ENCENDIDO	ENCENDIDO	APAGADO	ENCENDIDO
14ta velocidad	ENCENDIDO	ENCENDIDO	ENCENDIDO	APAGADO
15ta velocidad	ENCENDIDO	ENCENDIDO	ENCENDIDO	ENCENDIDO

Tabla 21 Selección de velocidades prefijas de frecuencia

Arranque de modo PLC

Los pasos para la ejecución del PLC

Opere la función PLC según los siguientes cinco pasos.

- Conmute al modo PLC2 para descargar o transferir programas
 - A. Diríjase a la página “PLC0” oprimiendo la tecla MODO
 - B. Cambie a “PLC2” oprimiendo la tecla “ARRIBA” y luego oprima la tecla “INTRO” luego de la confirmación

C. Si fue satisfactorio, se exhibirá “END” y se regresará al “PLC2” después de uno o dos segundos.



FIGURA 75 Requisitos para instalar WPLsoft

Referencia: *delta vfd*

- **Conexión PC-DRIVE**

Enchufe el conector RJ-45 del motor variador de CA a la computadora por medio del convertidor de RS485 a RS 232.



FIGURA 76 Comunicación Pc-variador

Referencia: *delta vfd*

- **Ejecute el programa.**

El estado del PLC será siempre PLC2, aunque el motor variador de CA sea apagado.

Hay tres maneras de operar el PLC:

A. En la página “PLC1”: ejecute el programa PLC.

B. En la página “PLC2”: ejecute/detenga el programa PLC con el software WPL.

C. Luego de configurar los terminales de entrada multifunción (MI3 a MI9) a 23 (FUNCIONAMIENTO/PARADA del PLC), se exhibirá “PLC1” para el PLC en ejecución cuando el terminal esté ACTIVADO. Exhibirá “PLC0” para detener el programa PLC cuando los terminales estén DESACTIVADOS.

Introducción básica de los equipos internos del PLC:

Relé de entrada

El relé de entrada es la unidad básica de almacenamiento de la memoria interna que corresponde al punto de entrada externa (es el terminal que se utiliza para conectar al interruptor de la entrada externa y recibir la señal de entrada externa). La señal de entrada del exterior decidirá si mostrar 0 o 1. No se puede modificar el estado del relé de entrada por diseño programa o activación/ desactivación forzada a través de WPLSoft. Los contactos (contacto a, b) pueden ser utilizados ilimitadamente. Si no hay señal de entrada, el correspondiente relé de entrada podría estar vacío y no puede ser utilizado con otras funciones.

Método de indicación de equipos: X0, X1,...X7, X10, X11,... El símbolo del equipo es X y el número utiliza la notación octal.

Relé de salida

El relé de salida es la unidad básica de almacenamiento de la memoria interna que corresponde al punto de salida externa (se lo utiliza para conectar a una carga externa). Puede ser accionado por el contacto del relé de entrada, el contacto de otros equipos internos y su propio contacto. Utiliza un contacto normalmente abierto para conectar a la carga externa, y otros contactos pueden ser utilizados ilimitadamente como contactos de entrada. No tiene el Correspondiente relé de salida; si fuera necesario, puede ser utilizado como relé interno.

Indicación de equipos: Y0, Y1,...Y7, Y10, Y11,... El símbolo del equipo es Y, y el número utiliza la notación octal.

Relé interno

El relé interno no conecta directamente con el exterior. Es un relé auxiliar en PLC. Su función es la misma que la del relé auxiliar en el circuito de control eléctrico. Cada relé auxiliar tiene la correspondiente unidad básica. Puede ser accionado por el contacto del relé de entrada, el relé de salida u otros equipos internos. Sus contactos pueden ser utilizados ilimitadamente. El relé interno auxiliar no puede generar salida directamente, sino que debe hacerlo con punto de salida.

Indicación del equipo: M0, M1,..., M4, M159. El símbolo del equipo es M y el número utiliza el sistema numérico decimal.

Temporizador

El temporizador se utiliza para controlar el tiempo. Hay almacenamiento en bobinas, contactos y temporizadores. Cuando la bobina está ACTIVADA, su contacto actuará (contacto a está cerrado, contacto b está abierto) cuando se alcance el tiempo deseado. El valor de tiempo del temporizador está configurado por parámetros, y cada temporizador tiene su período regular. El usuario configura el valor del temporizador y cada temporizador tiene su período de temporización. Una vez que la bobina está DESACTIVADA, el contacto no actuará (el contacto a está abierto y el contacto b está cerrado) y el temporizador estará configurado a cero.

Indicación del equipo: T0, T1,..., T15. El símbolo del equipo es T y el número utiliza el sistema numérico decimal. El rango diferente de números se corresponde con los diferentes períodos de sincronización.

A continuación se indica las referencias de los dispositivos ID.

Dispositivos de entradas al variador para función PLC

Dispositivo	X								
	0	1	2	3	4	5	6	7	10
Terminales de los motores variadores de CA	MI1	MI2	MI3	MI4	MI5	MI6	--	--	--
Tarjeta 3ENTRADA/ 3SALIDA (EME-D33A)	--	--	--	--	--	--	MI7	MI8	MI9

Tabla 22 Referencia de dispositivos de entrada.

Dispositivos de referencia para salidas en función PLC.

Dispositivo	Y				
	0	1	2	3	4
Terminales de los motores variadores de CA	RY	MO1	--	--	--
Tarjeta de relé 2C (EME-DR2CA)	--	--	RY2	RY3	--
Tarjeta de relé 3A (EME-R3AA)	--	--	RY2	RY3	RY4
Tarjeta 3ENTRADA/3SALIDA (EME-D33A)	--	--	MO2	MO3	MO4

Tabla N° 23 Referencia de dispositivos de salida.

Programa DELTA WPLsoft

La programación del variador en modo PLC se la realizó en el programa DELTA WPLsoft. Este programa nos permite usar una de las salidas relé que posee el variador, la misma que será usada para accionar la guillotina.

El programa es sencillo consiste en temporizar la salida relé.

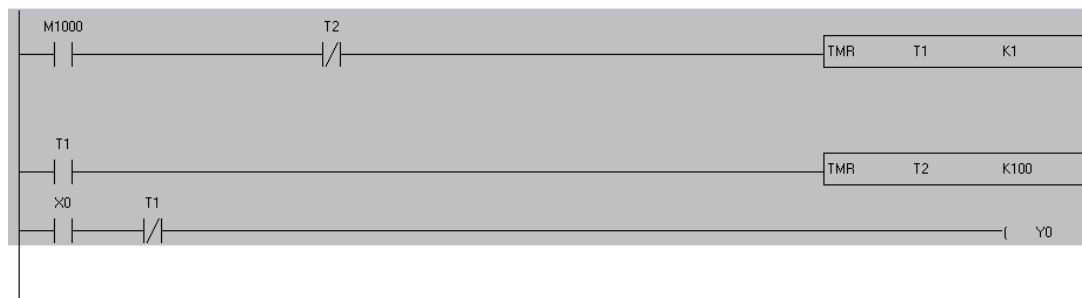


FIGURA 77 Programa PLC temporizador

ANEXO D. TABLA CHUMASERAS

Dimensiones principales					Capacidades de carga básica		Referencias		
					dinámica	estática	Unidad de rodamientos	Soporte	Rodamiento
D	A ₁	J	L	T	C	C ₀			
mm					kN		-		
12,7	23,4	54	76,2	30,6			FY 1/2 TF/AH	FY 503 U/AH	<u>YAR 203-008-2F/AH</u>
15,875	23,4	54	76,2	30,6			FY 5/8 TF/AH	FY 503 U/AH	<u>YAR 203-010-2F/AH</u>
19,05	29,5	63,5	86	37,3			FY 3/4 TF/AH	FY 504 U/AH	<u>YAR 204-012-2F/AH</u>
22,225	30	70	95	38,8			FY 7/8 TF/AH	FY 505 U/AH	<u>YAR 205-014-2F/AH</u>
23,8125	30	70	95	38,8			FY 15/16 TF/AH	FY 505 U/AH	<u>YAR 205-015-2F/AH</u>
25,4	30	70	95	38,8			FY 1. TF/AH	FY 505 U/AH	<u>YAR 205-100-2F/AH</u>
28,575	32,5	82,5	108	42,2			FY 1.1/8 TF/AH	FY 506 U/AH	<u>YAR 206-102-2F/AH</u>
30,1625	32,5	82,5	108	42,2			FY 1.3/16 TF/AH	FY 506 U/AH	<u>YAR 206-103-2F/AH</u>
<u>31,75</u>	<u>34,5</u>	<u>92</u>	<u>118</u>	<u>46,</u>			<u>FY 1.1/4</u>	<u>FY</u>	<u>YAR 207-</u>

				<u>4</u>			<u>TF/AH</u>	<u>507</u> <u>U/AH</u>	<u>104-2F/AH</u>
34,925	34,5	92	118	46, 4			FY 1.3/8 TF/AH	FY 507 U/AH	<u>YAR 207-</u> <u>106-2F/AH</u>
36,5125	38,5	101, 5	130	54, 2			FYM 1.7/16 TF/AH	FY 508 U/AH	<u>YAR 208-</u> <u>107-2F/AH</u>
38,1	38,5	101, 5	130	54, 2			FY 1.1/2 TF/AH	FY 508 U/AH	<u>YAR 208-</u> <u>108-2F/AH</u>
38,1	39	105	137	54, 2			FYM 1.1/2 TF/AH	FY 509 U/AH	<u>YAR 209-</u> <u>108-2F/AH</u>
41,275	39	105	137	54, 2			FY 1.5/8 TF/AH	FY 509 U/AH	<u>YAR 209-</u> <u>110-2F/AH</u>
42,8625	43	111	143	60, 6			FYM 1.11/16 TF/AH	FY 510 U/AH	<u>YAR 210-</u> <u>111-2F/AH</u>
42,8625	39	105	137	54, 2			FY 1.11/16 TF/AH	FY 509 U/AH	<u>YAR 209-</u> <u>111-2F/AH</u>
44,45	39	105	137	54, 2			FY 1.3/4 TF/AH	FY 509 U/AH	<u>YAR 209-</u> <u>112-2F/AH</u>
44,45	43	111	143	60, 6			FYM 1.3/4 TF/AH	FY 510 U/AH	<u>YAR 210-</u> <u>112-2F/AH</u>
49,2125	43	111	143	60, 6			FY 1.15/16 TF/AH	FY 510 U/AH	<u>YAR 210-</u> <u>115-2F/AH</u>
49,2125	47,5	130	162	64,			FYM	FY	<u>YAR 211-</u>

				4			1.15/16 TF/AH	511 U/AH	<u>115-2F/AH</u>
50,8	47,5	130	162	64, 4			FY 2. TF/AH	FY 511 U/AH	<u>YAR 211- 200-2F/AH</u>
55,5625	47,5	130	162	64, 4			FY 2.3/16 TF/AH	FY 511 U/AH	<u>YAR 211- 203-2F/AH</u>
55,5625	52	143	175	73, 7			FYM 2.3/16 TF/AH	FY 512 U/AH	<u>YAR 212- 203-2F/AH</u>
57,15	52	143	175	73, 7			FY 2.1/4 TF/AH	FY 512 U/AH	<u>YAR 212- 204-2F/AH</u>
61,9125	52	143	175	73, 7			FY 2.7/16 TF/AH	FY 512 U/AH	<u>YAR 212- 207-2F/AH</u>
61,9125	57,1 5	149, 3	187, 3	76, 2			FYM 2.7/16 TF/AH	FY 514 U/AH	<u>YAR 214- 207-2F/AH</u>
63,5	57,1 5	149, 3	187, 3	76, 2			FYM 2.1/2 TF/AH	FY 514 U/AH	<u>YAR 214- 208-2F/AH</u>
63,5	52,5	149, 5	187	76, 9			FY 2.1/2 TF/AH	FY 513 U/AH	<u>YAR 213- 208-2F/AH</u>
68,2625	52,5	149, 5	187	76, 9			FY 2.11/16 TF/AH	FY 513 U/AH	<u>YAR 213- 211-2F/AH</u>
68,2625	65,1	152, 4	196, 9	87, 4			FYMF 2.11/16 TF/AH	FY 515 U/AH	<u>YAR 215- 211-2F/AH</u>

Tabla N° 14 Selección de chumaceras tipo brida

ANEXO E. PLANOS MECANICOS