



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica

**DISEÑO DE UNA MÁQUINA SECADORA DE PLÁSTICOS RECICLADOS
PARA USO EN FÁBRICA DE POLIDUCTO POLIMARQ**

Miguel Ángel Nowell Reyes
Asesorado por el Ing. Jonatan René Ixcot Carrillo

Guatemala, noviembre de 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE UNA MÁQUINA SECADORA DE PLÁSTICOS RECICLADOS
PARA USO EN FÁBRICA DE POLIDUCTO POLIMARQ**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

MIGUEL ÁNGEL NOWELL REYES

ASESORADO POR EL ING. JONATAN RENÉ IXCOT CARRILLO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Gilberto Enrique Morales Baiza
EXAMINADOR	Ing. Milton Alexander Fuentes Orozco
EXAMINADOR	Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

DISEÑO DE UNA MÁQUINA SECADORA DE PLÁSTICOS RECICLADOS PARA USO EN FÁBRICA DE POLIDUCTO POLIMARQ

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha 5 de septiembre de 2013.



Miguel Ángel Nowell Reyes

Guatemala, 24 de julio de 2014.

Ingeniero
Julio Cesar Campos Paiz
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala.

Ingeniero Campos:

Por este medio le informo que he procedido con la revisión final del trabajo de graduación titulado **DISEÑO DE UNA MÁQUINA SECADORA DE PLÁSTICOS RECICLADOS PARA USO EN FÁBRICA DE POLIDUCTO POLIMARQ**, realizado por el estudiante **Miguel Angel Nowell Reyes**, con carnet **9616319**.

Dicho proyecto cuenta con mi total aprobación, por lo que le solicito darle el trámite correspondiente.

Sin otro particular.



Ing. Jonatan René Ixcot Carrillo


Colegiado: 8609

Jonatan René Ixcot Carrillo
Ingeniero Mecánico
Col. 8609

Ref.E.I.Mecanica.147.2014

El Coordinador del Área de Diseño, de la Escuela de Ingeniería Mecánica, luego de conocer el dictamen del Asesor y habiendo revisado en su totalidad el trabajo de graduación titulado **DISEÑO DE UNA MÁQUINA SECADORA DE PLÁSTICOS RECICLADOS PARA USO EN FÁBRICA DE POLIDUCTO POLIMARQ**, del estudiante **Miguel Angel Nowell Reyes**, recomienda su aprobación.

"Id y Enseñad a Todos"


Ing. Alvaro Antonio Avila Pinzón
Coordinador del Área de Diseño
Escuela de Ingeniería Mecánica



Guatemala, julio de 2014.

Ref.E.I.Mecanica.294.2014

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, con la aprobación del Coordinador del Área de Complementaria del trabajo de **DISEÑO DE UNA MÁQUINA SECADORA DE PLÁSTICOS RECICLADOS PARA USO EN FÁBRICA DE POLIDUCTO POLIMARQ**, del estudiante **Miguel Angel Nowell Reyes**, procede a la autorización del mismo.

"Id y Enseñad a Todos"



MA Ing. Julio Cesar Campos Paiz
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica




Guatemala, Noviembre de 2014.



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DE UNA MÁQUINA SECADORA DE PLÁSTICOS RECICLADOS PARA USO EN FÁBRICA DE POLIDUCTO POLIMARQ**, presentado por el estudiante universitario **Miguel Ángel Nowell Reyes**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
Decano en Funciones



Guatemala, 13 de noviembre de 2014

/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por su infinita misericordia, y brindar los medios para hacer posible este momento tan importante en mi vida profesional.
- Mis padres** Antonieta Reyes de Nowell y Edin Arnoldo Nowell Fuentes, por el amor, paciencia y apoyo brindado en cada momento de mi vida estudiantil.
- Mis hermanos y cuñado** Leslie Angelina, Manuel Augusto, Roselena Nowell y Jorge Estuardo Wug, por todo el cariño, solidaridad y apoyo brindado en todo momento.
- Mis hijas y sobrinos** Con mucho amor y por ser la principal fuente de inspiración para la consecución de mis metas.
- Mi amiga** Gabriela Juárez, por su cariño, y consejos en todo este tiempo.
- Mis tíos** Guillermo Nowell, Vilma Nowell, Norma Nowell, Luis Saraccini, por el apoyo de todo tipo brindado a lo largo de mi carrera.

AGRADECIMIENTOS A:

**La Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Máxima casa de estudios en el país y por el privilegio que representa para mí decirme su hijo.

Facultad de Ingeniería

Por hacer de mí una persona útil para la sociedad guatemalteca, y por los momentos inolvidables dentro de sus aulas

**Mis amigos de la
Facultad**

Por el cariño y por las largas noches compartidas dentro y fuera de las aulas.

**Carlos Humberto Vargas
y familia**

Por el cariño y aprecio recibido al hacerme parte de su familia.

**Los ingenieros Andrés
Monzón, Ing. Jonatan
Ixcot, Ing. Francisco
Trujillo, Juan José Cruz,
Ing. Josué Gálvez**

Por su amistad y conocimientos compartidos para la realización del presente trabajo.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN	XVII
1. ELEMENTOS DE MÁQUINAS	1
1.1. Especificaciones tolva de alimentación	2
1.1.1. Material de fabricación.....	2
1.1.2. Dimensionamiento de tolva.....	2
1.2. Especificaciones de cilindros.....	3
1.2.1. Material de fabricación.....	4
1.2.2. Dimensiones de los cilindros principales	6
1.3. Sistema neumático	6
1.3.1. Neumática.....	6
1.3.2. Elementos de circuito neumático básico.....	8
1.3.3. Especificaciones de componentes a usar.....	18
1.4. Resistencias eléctricas	21
1.4.1. Concepto de resistencia	21
1.4.2. Especificaciones de las resistencias.....	22
1.5. Instrumentación	23
1.5.1. Partes de instrumentos	24
1.5.2. Instrumentación circuito neumático	25
1.5.3. Instrumentación de temperatura	26

1.5.4.	Elementos circuito eléctrico.....	27
1.6.	Eje de paletas y buso.....	28
1.7.	Drenadores de humedad.....	29
1.8.	Especificaciones del bastidor.....	29
2.	PLANOS DE LA MÁQUINA SECADORA DE PLÁSTICOS	31
2.1.	Vistas de los cilindros.....	31
2.2.	Funcionamiento.....	34
2.3.	Circuito de potencia y control de temperatura.....	36
3.	MANTENIMIENTO	39
3.1.	Limpieza.....	42
3.2.	Lubricación.....	42
3.3.	Mantenimiento del circuito neumático	44
3.3.1.	Mantenimiento preventivo de cilindros neumáticos	45
3.3.2.	Mantenimiento correctivo de cilindros neumáticos	45
3.4.	Mantenimiento del circuito eléctrico	46
3.5.	Recursos de mantenimiento.....	46
3.5.1.	Personal	47
3.5.2.	Herramientas e insumos.....	47
4.	ESPECIFICACIONES DE MATERIALES PLÁSTICOS A SECAR.....	49
4.1.	Clasificación del polietileno	50
4.2.	Reciclaje.....	51
5.	COSTO DE CONSTRUCCION DE MÁQUINA	55

6.	PROCESO ACTUAL DE SECADO	57
6.1.	Equipos de secado	57
6.1.1.	Clasificación de los secadores.....	57
6.2.	Proceso de secado en planta	58
7.	COSTO BENEFICIO	61
7.1.	Estudio financiero	62
7.2.	Estudio costo beneficio.....	66
	CONCLUSIONES	69
	RECOMENDACIONES.....	71
	BIBLIOGRAFÍA.....	73
	APÉNDICES	75

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Disposición de ejes de cilindros	3
2.	Elementos de circuito neumático	9
3.	Partes del filtro	10
4.	Tipos de compresores (por su funcionamiento)	11
5.	Partes de un lubricador	12
6.	Acumulador de aire	13
7.	Filtro + Reductor + Lubricador.....	15
8.	Válvula reguladora de caudal.....	16
9.	Actuadores	17
10.	Tipos de actuadores.....	18
11.	Circuito neumático (<i>circuit fluid sim</i>).....	19
12.	Simbología neumática del circuito.....	20
13.	Resistencia de abrazadera.....	22
14.	Manómetro	25
15.	Termocupla tipo J.....	26
16.	Perfil-frente-planta.....	32
17.	Base de cilindros	33
18.	Disposición de resistencias	34
19.	Interior del agitador	36
20.	Circuito de potencia.....	37
21.	Circuito de control de temperatura	38
22.	Símbolo de identificación	51

TABLAS

I.	Acero laminado en caliente (presentaciones)	4
II.	Propiedades mecánicas del acero A36.....	5
III.	Composición química del acero A36.....	5
IV.	Tipos de termocuplas.....	27
V.	Propiedades físicas y mecánicas.....	52
VI.	Propiedades físicas y mecánicas 2.....	53
VII.	Costo construcción máquina.....	55
VIII.	Costo de alquiler de bodega	62
IX.	Costos anuales de producción del proyecto	64
X.	Porcentajes en que se dividirá el préstamo para la realización del proyecto	65
XI.	Rentabilidad anual del proyecto.....	65
XII.	Costos y beneficios del proyecto	67

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
ASTM	American Standard for Testing and Materials (Sociedad americana de pruebas de materiales).
A36	Acero estructural, clasificación de la norma ASTM.
C	Símbolo del Carbono (tabla periódica).
cms	centímetros.
CUF	Compensación de unión fría.
DIN	Instituto Alemán de Normalización (siglas en
Ksi	Kilogramos sobre pulgada cuadrada (Presión)
Mn	Manganeso (tabla periódica).
MPa	Mega pascales (1*10 ⁶ pascales)
mA	mili amperios.
P	Símbolo del Fosforo (tabla periódica).
Pa	1 Newton/ metro ² . (Presión)
Plg	Pulgadas.
PP/I	Presión de proceso a corriente.
PP/P	Presión de proceso a señal neumática.
Psi	Libras sobre pulgada al cuadrado (presión).
P	Presión.
S	Símbolo del Azufre (tabla periódica).
Si	Símbolo del Silicio (tabla periódica).
T	Temperatura.
V	Volumen.

GLOSARIO

Adsorción	Adhesión.
Anisotrópico	Presenta propiedades distintas en cada dirección, tiene propiedades direccionales.
Austenita	Solución sólida de hierro-carbón gamma partir de los 900°C. Se cristaliza en forma cubica y carece de propiedades magnéticas
Cilindro de doble efecto	Cilindro que imprime movimiento en uno o dos sentidos por medios hidráulicos o neumáticos.
Corrosión	Desgaste lento o paulatino producido por un agente externo.
Dispersión	Fenómeno de separación de distintas frecuencias al atravesar el material.
Estrangulación	Disminución de área de paso de flujo.
Extrusora	Proceso que se inicia con una materia prima de plástico que se funde y mezcla mediante un tornillo giratorio y se impulsa a presión a través de una matriz metálica o dado el cual le conferirá una forma útil.

Estrangulación	Disminución de área de paso de flujo.
Fluencia	Deformación irre recuperable de un cuerpo a partir de la cual solo se recuperara la parte de su deformación elástica
Herrumbe	Desgaste.
Homopolimero	Son los polímeros que contienen una sola unidad estructural. Contienen cantidades menores de irregularidades en los extremos de la cadena o ramificaciones.
Inyección	Consiste en la fusión del material, junto con colorantes o aditivos, para luego forzarlo bajo presión dentro de un molde.
Isotrópico	Tiene propiedades que son idénticas en todas las direcciones.
Martensita	Se trata de aleaciones Fe-Cr.
Polímero	Son macromoléculas, generalmente orgánicas, formadas por la unión de moléculas más pequeñas llamadas monómeros.
Presión Manométrica	Presión superior a la presión atmosférica .
Membrana	Tipo de revestimiento o película.

Metalurgia	Estudio de los metales y su transformación.
Ribeteado	Bordeado.
Rodadura	Parte de la rueda sobre la cual se desplaza.
Subpresion	Presión inferior a la presión atmosférica.
Vástago	Eje del cilindro.

RESUMEN

Dentro de los principales beneficios que la máquina secadora para plásticos reciclados, serán los tiempos más cortos de secado de la molienda de plástico, así como las paradas innecesarias por escasez de materia prima.

Se evitara también, los altos costos de producción, ya que esto conlleva que el precio del producto final aumente y con esto se beneficia la competencia, por otro lado se mejorará la calidad del producto, ya que este no estará expuesto a contaminantes que puedan alterar cualquier propiedad del mismo, y con ello se mantengan las propiedades necesarias que su uso específico merezca.

Por otro lado, el beneficio tanto social como comunitario que provee, es de vital importancia, ya que por un lado, el empresario se verá obligado a contratar más personal debido al aumento de la producción y disminuirá la cantidad de desechos plásticos que vayan a terminar al medio ambiente, ya que se les estará dando una nueva vida útil para la industria, y por ende a la sociedad, debido a que aún no se cuenta con una cultura de reciclaje dentro de la misma y, el que exista una empresa dentro de una comunidad que compre la basura plástica útil para uso en extrusión, fomentará esta cultura.

Lo anterior justifica la realización del presente proyecto.

OBJETIVOS

General

Eliminar la mayor cantidad de humedad posible de la materia prima previo al proceso de extrusión, en el reciclado de plásticos.

Específicos

1. Reducir el tiempo de secado de la materia prima.
2. Aumentar considerablemente el volumen de materia prima,
3. Disminuir la cantidad de horas en parada de las maquinas extrusoras.
4. Minimizar costos de producción por horas del personal ocioso.
5. Mejorar la calidad del producto terminado satisfaciendo al cliente.

INTRODUCCIÓN

La presente investigación se desarrolla dentro de las líneas de diseño y Construcción de Máquinas de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Se fundamenta en la necesidad de algunos empresarios en el interior del país, que dándose cuenta del potencial económico que representa el fabricar productos plásticos, utilizando materiales reciclados como materia prima y teniendo como antecedente que empresas nacionales como extranjeras, desde hace algunos años hacia acá, han desarrollado diferentes métodos de producción, así como productos para diferente uso, y de gran utilidad, tanto para industria como para el hogar, han decidido incursionar en el tema.

Por otro lado en algunas visitas de campo se ha observado que algunas de estas empresas emergentes del interior del país, por no contar con el capital necesario para la adquisición de equipo adecuado, eliminan el exceso de humedad, previo al proceso de extrusión utilizando métodos inadecuados, así como sufriendo inconvenientes cuando las condiciones climatológicas, no son las más adecuadas por el hecho de que su materia prima es secada al sol y en algunos casos con métodos improvisados como hornos para madera, etc.

Es por lo anterior que un mecanismo que se encargue de realizar el proceso adecuado de eliminar el mayor grado de humedad posible de la materia prima, que sea de fácil manejo, mantenimiento, que evite el contacto con contaminantes ambientales, y que no represente un desembolso de capital tan grande al empresario como el comparable con maquinaria importada y los costos extras que su mantenimiento implica, es de vital importancia para la

empresa no solo por la mayor carga volumétrica de materia prima que se podría manejar, sino también por el menor tiempo que duraría el proceso de secado, lo cual contribuiría grandemente en la reducción de costos de producción, y por ende los beneficios que esto representa.

1. ELEMENTOS DE MÁQUINAS

Una máquina está compuesta por una serie de elementos más simples que la constituyen, pudiendo definir como elementos de máquinas todas aquellas piezas o elementos más sencillos que correctamente ensamblados constituyen una máquina completa y en funcionamiento.

Estos elementos de máquinas, no tienen que ser necesariamente sencillos, pero si ser reconocibles como elemento individual, fuera de la máquina de la que forma parte, o de las máquinas de las que puede formar parte.

Los elementos de máquinas se pueden clasificar de la siguiente manera.

- Mecánicos

- Elementos mecánicos constitutivos
- Elementos de unión
- Elementos de transmisión
- Elementos de pivotar y rodadura

- Neumáticos

- Hidráulicos

- Eléctricos

- Generadores de movimiento
- De control y maniobra

- Electrónicos

1.1. Especificaciones tolva de alimentación

La tolva de alimentación recibe la mezcla de elementos plásticos para que por efecto de gravedad, y con ayuda del actuador número 2, ingrese al cilindro principal para su paso por el proceso de secado.

1.1.1. Material de fabricación

El material usado será acero A36 por su bajo costo y fácil manejo ya que el grosor de lámina a utilizar será de 1/16 de pulgada o 0,0625 centímetros, con paredes unidas con electrodo E7018 a 50 voltios y entre 90 y 100 amperios.

1.1.2. Dimensionamiento de tolva

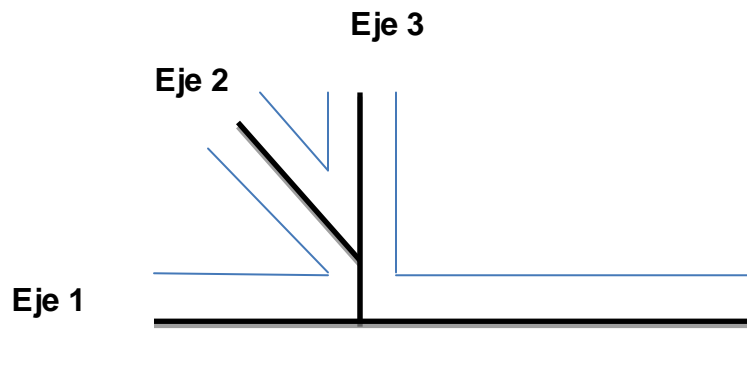
Alimentador en forma cilíndrica de 0,40 metros de diámetro externo y un grosor de pared de 1/8 de pulgada y una longitud de 0,30 metros, en el extremo inferior un reductor en forma de cono truncado invertido de diámetro de 0,40 metros de diámetro externo con un grosor de pared de 1/8 de pulgada, hasta 0,1016 metros de diámetro y de 0,20 metros de longitud, se unirá al cilindro 2 mediante un tubo de 0,05 metros de longitud de 0,1016 metros de diámetro y un codo de 45 grados.

1.2. Especificaciones de cilindros

Los cilindros serán 3, los cuales 2 convergerán en un mismo punto, de tal manera que el eje del cilindro 1 forme un ángulo de 90 grados con el eje del cilindro 3, y este a su vez forme un ángulo de 45 grados con el eje del cilindro 2. Ver figura 1, la disposición de ejes de los cilindros.

El cilindro 2 formará un ángulo de 45 grados con respecto al tubo de salida de la tolva de alimentación y se unirá al cilindro 3 por un segmento de Y de 45 grados al cilindro 3, por su parte, el cilindro 1 y 3 tendrán un recubrimiento interno de tetrafluoretileno (teflón), para disminuir la fricción con respecto a las cabezas de caucho de los actuadores.

Figura 1. **Disposición de ejes de cilindros**



Fuente: elaboración propia.

1.2.1. Material de fabricación

El acero A36 es una aleación de acero al carbono de propósito general, muy comúnmente usado en los Estados Unidos de Norte América, aunque existen muchos otros aceros, superiores en resistencia, cuya demanda está creciendo rápidamente.

La denominación A36 fue establecida por la ASTM (American Society for Testing and Materials).

- Propiedades del acero A36

El acero A36 tiene una densidad de 7 860,00 kg/m³ (0,28 lb/in³). El acero A36 en barras, planchas y perfiles estructurales con espesores menores de 8,00 pulgadas (203,2 mm) tiene un límite de fluencia mínimo de 250,00 MPA (36,00 ksi), y un límite de rotura mínimo de 410 MPa (58,00 ksi). Las planchas con espesores mayores de 8,00 pulgadas (203,2 mm) tienen un límite de fluencia mínimo de 220 MPA (32 ksi), I, II y III, además el mismo límite de rotura. A continuación se presentan las siguientes tablas haciendo referencia a ciertas características del acero A36.

Tabla I. **Acero laminado en caliente (presentaciones)**

ACERO LAMINADO EN CALIENTE			
PRESENTACIÓN	ESPESOR(mm)	ANCHO(mm)	LONGITUD(mm)
Laminas cortas	1,5 a 9,0	1 000, 1 200, 1 220	2 000, 3 000, 6 000

Fuente: elaboración propia.

Tabla II. **Propiedades mecánicas del acero A36**

PROPIEDADES MECÁNICAS						
Calidad	Norma	Designación	Fluencia	Resistencia	Elongación	Usos
Estructural	ASTM A36	A36	250 MPa	400/500 MPa	23%	Estructuras metálicas, tubos y autopartes

Fuente: elaboración propia.

Tabla III. **Composición química del acero A36**

COMPOSICIÓN QUÍMICA				
C	Mn	Si	P	S
0,26 máx.	0,80 – 1,20	0,40 máx.	0,040 máx	0,050 máx.

Fuente: elaboración propia.

- Formas de uso del acero A36

El acero A36 se produce en una amplia variedad de formas, que incluyen:

- Planchas
- Perfiles estructurales
- Tubos
- Barras
- Láminas
- Platinas

1.2.2. Dimensiones de los cilindros principales

- El cilindro 1 tendrá una longitud de 1,00 metros.
- El cilindro 2 tendrá una longitud de 0,20 metros y unirá la tolva de alimentación.
- El cilindro 3 con una longitud similar 0,20 metros y este estará injertado en el cilindro 1, formando una T. Todos tendrán un diámetro interno de 0,1016 metros y un grosor de pared de 0,003175 metros.

1.3. Sistema neumático

A continuación se realiza una descripción de los elementos que conforman un sistema neumático.

1.3.1. Neumática

Neumática es la tecnología que utiliza la energía del aire comprimido para realizar un trabajo, se utiliza para automatizar procesos productivos. El aire tiene las características de ser comprimible, capaz de absorber elevados niveles de energía potencial. Esta energía potencial se transforma en trabajo.

El aire comprimido que se utiliza en la industria procede del exterior. En las redes industriales se comprime hasta una presión de 6 o 7 bares.

$$P. absoluta = P.atmosférica + P.relativa$$

Un circuito neumático sea simple o complejo, utiliza los siguientes principios básicos.

- Ley de Boyle-Mariotte

El aire puede ser comprimido y tiene la tendencia a dilatarse. Esta característica es descrita por la ley de Boyle-Mariotte: A temperatura constante los volúmenes de una misma masa gaseosa son inversamente proporcionales a las presiones a que se halla sometida. El producto de volumen y presión absoluta es constante para una determinada masa de gas. De esta forma se obtiene en la ecuación.

$$P1 \cdot V1 = P2 \cdot V2 = P3 \cdot V3 = \text{constante}$$

- Ley de Gay-Lussac.

El aire se dilata a presión constante, una temperatura de 273 K y un calentamiento de 1 K, en un 1/273 de su volumen. La ley de Gay-Lussac dice:

El volumen de una masa gaseosa es proporcional a la temperatura absoluta, mientras que no se modifique la presión.

Por lo tanto, en la ecuación se establece:

$$V1 / V2 = T1 / T2$$

La ecuación indicada únicamente es válida cuando las temperaturas se indican en K.

Si durante el calentamiento se mantiene constante el volumen, resulta para el aumento de presión la siguiente fórmula:

$$P1/T1 = P2/T2$$

La siguiente ecuación general de los gases ideales corresponde a todas las leyes expuestas anteriormente:

$$P1 * V1 / T1 = P2 * V2 / T2$$

El producto de presión y volumen de una misma masa gaseosa dividido por la temperatura absoluta es constante.

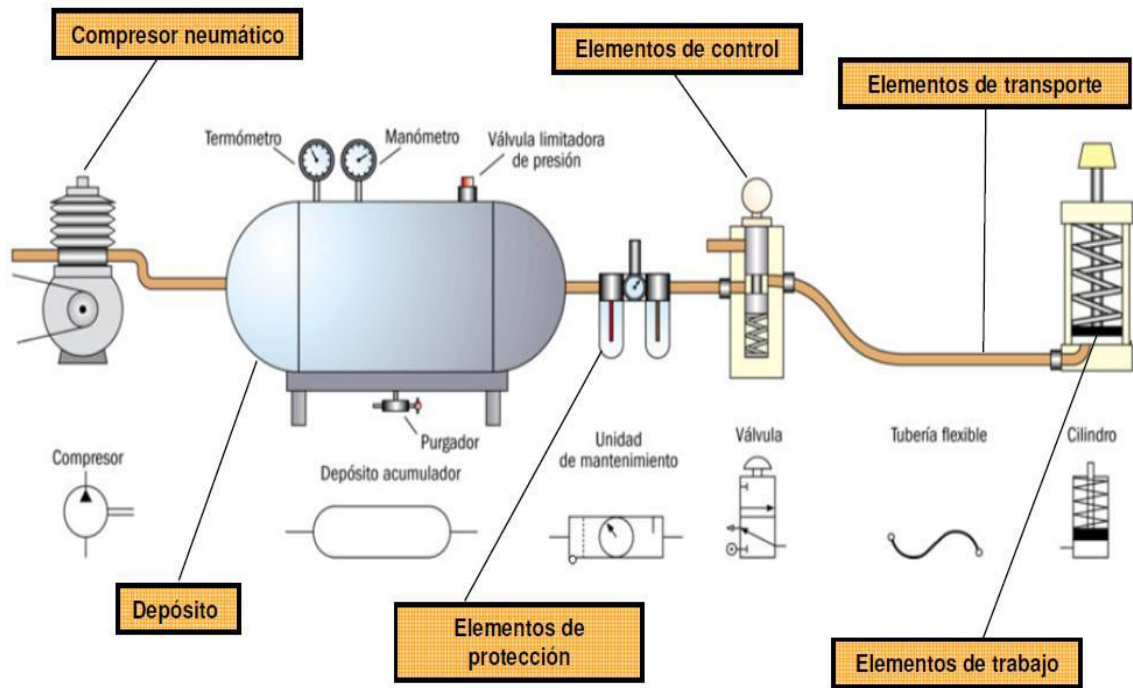
La unidad de presión en el SI es el pascal (Pa). Y otra unidad muy utilizada en la industria es el bar. Para referencia del circuito neumático completo, ver figura 2.

$$P. \text{ atmosférica} = 1 \text{ atm} \approx 1 \text{ bar} \approx 1 \text{ Kp/cm}^2 = 10^5 \text{ N/m}^2 = 10^5 \text{ Pa}$$

1.3.2. Elementos de circuito neumático básico

Estos son los componentes que hacen posible el funcionamiento del mismo.

Figura 2. Elementos de circuito neumático



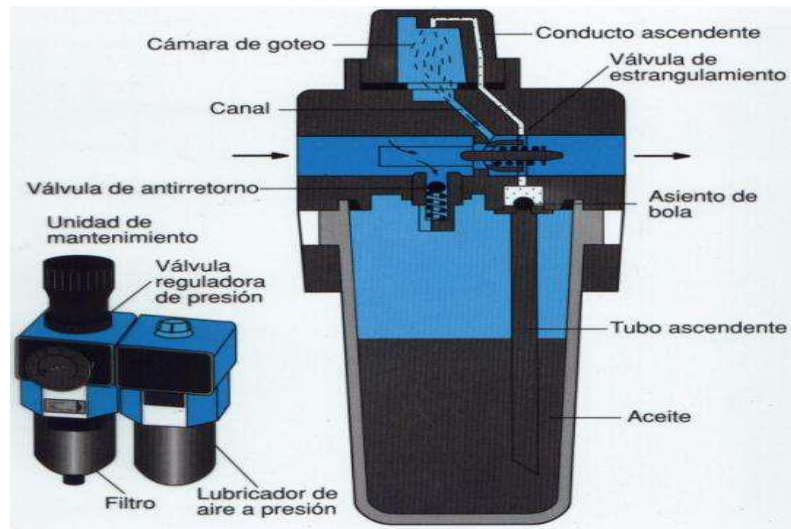
Fuente: www.slideshare.net/amartind11/neumatica-e-hidraulica. Consulta: septiembre de 2013.

- Filtro

Las partes de un filtro Ver figura 3 y sus principales funciones en el circuito neumático son:

- Limpiar el aire de impurezas
- Eliminar condensados
- Representan pérdida de carga

Figura 3. Partes del filtro



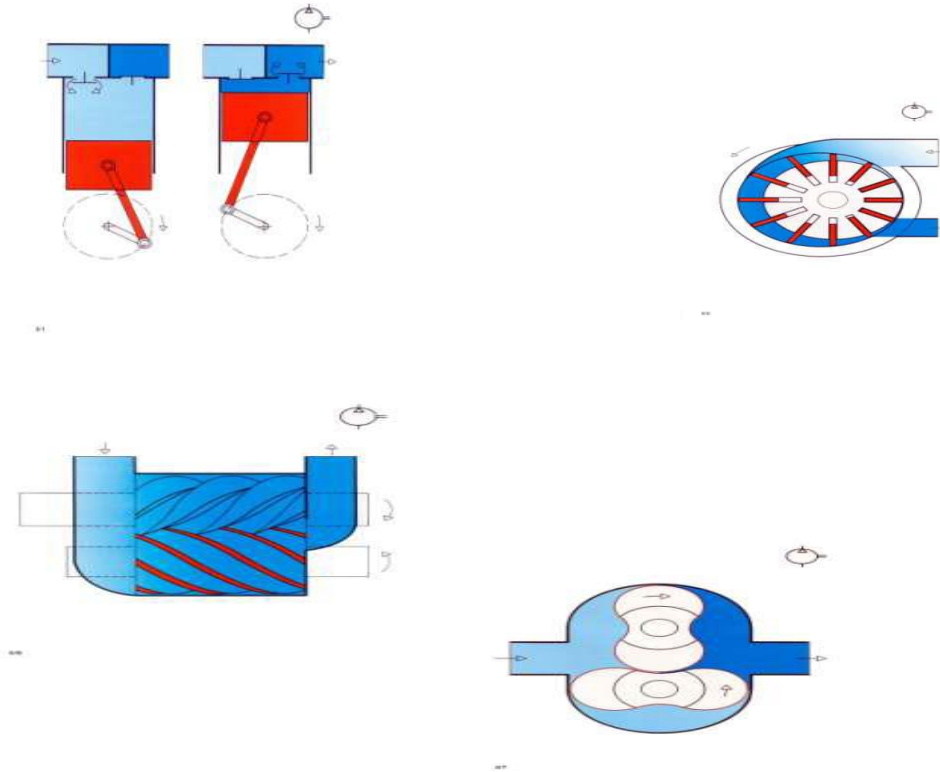
Fuente: MARTÍN, Raúl. *Neumática industrial*. Raul.martin@uca.es. Consulta: septiembre de 2013.

- Compresor: sus funciones

Las funciones principales de un compresor son introducir aire atmosférico, y comprimirlo para aumentar la presión del mismo, y posteriormente transferirlo a un receptáculo de aire, ver figura 4. Los hay de varias clases y entre ellas están.

- De émbolo
- De paletas
- De tornillo
- Rotativos

Figura 4. Tipos de compresores (por su funcionamiento)



Fuente: MARTÍN, Raúl. *Neumática industrial*. Raul.martin@uca.es. Consulta: septiembre de 2013.

- Enfriador

Enfría el aire para permitir que vuelva a ser comprimido (compresor multietapas). Además, evita el calentamiento del aire y, por lo tanto que obtenga humedad.

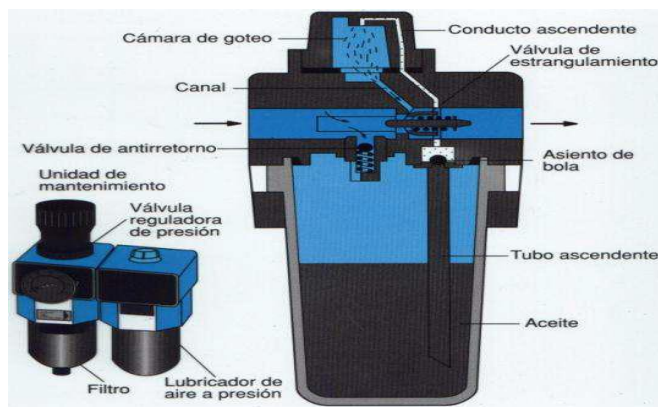
- Separador de aire

Eliminan el vapor de agua contenido en el aire y pueden ser: en frío, por absorción y por adsorción.

- Lubricador

Provee al aire de una fina neblina de aceite, así las piezas móviles de los elementos neumáticos se proveen de lubricante, disminuyéndose el rozamiento y el desgaste. Ver figura 5.

Figura 5. Partes de un lubricador



Fuente: MARTÍN, Raúl. *Neumática industrial*. Raul.martin@uca.es. Consulta: septiembre de 2013.

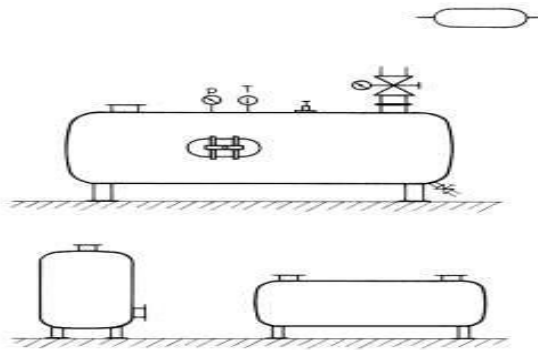
- Acumulador de aire

Almacenan el aire comprimido que proporciona el compresor. Su fin principal consiste en adaptar el caudal del compresor al consumo de la red. Ver figura 6.

Accesorios:

- Puerta para inspección interior
- Grifo de purga
- Manómetro
- Válvula de seguridad
- Válvula de cierre
- Indicador de temperatura

Figura 6. **Acumulador de aire**



Fuente: MARTÍN, Raúl. *Neumática industrial*. Raul.martin@uca.es. Consulta: septiembre de 2013.

- Interruptor de presión

Sirve para reducir la presión de la fuente de aire, asimismo, conserva la presión de salida constante aun si la salida de presión de la fuente de aire oscila, siempre tomando en cuenta que la presión de entrada debe ser mayor que la presión de salida.

- Válvula de seguridad

Limitan o regulan la presión del circuito o parte del mismo. Además, evita que la presión máxima permisible en el sistema sea excedida.

- Unidad de servicio de aire

Lleva un grupo de tratamiento con: filtro de aire comprimido, regulador de presión, manómetro y lubricador, ver figura 7.

- Filtro de aire comprimido: el filtro tiene la misión de extraer del aire comprimido circulante todas las impurezas y el agua acumulada por condensación. Los filtros disponen de una purga que puede ser manual, semiautomática o automática.
- Reguladores de presión: tiene la misión de mantener la presión de trabajo (secundaria) lo más constante posible, independientemente de las variaciones que sufra la presión de red (primaria) y del consumo de aire.
- Lubricador: aporta aceite a los elementos neumáticos. El lubricante previene de un desgaste prematuro de las piezas, reduce el rozamiento y protege los elementos contra la corrosión.

Figura 7. **Filtro + Reductor + Lubricador**



Fuente: MARTÍN, Raúl. *Neumática industrial*. Raul.martin@uca.es. Consulta: septiembre de 2013.

- Válvulas direccionales

Gobiernan los circuitos neumáticos. Las válvulas se clasifican en:

- Válvulas distribuidoras (de vías).
- Válvulas de bloqueo.
- Válvulas de presión.
- Válvulas de estrangulación.
- Válvulas de cierre

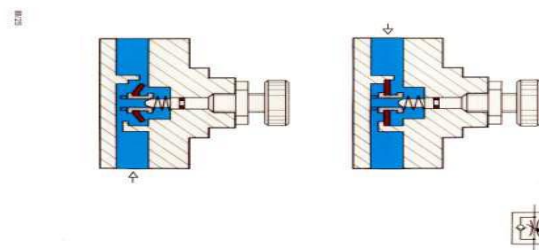
Abren, cierran y dirigen el fluido en un sentido u otro a través de las distintas conexiones identificables por:

- Número de entradas y salidas
- Número de posiciones
- Accionamiento manual, eléctrico, neumático.

- Válvula reguladora de caudal

Este tipo de válvulas permite inyectar mayor o menor cantidad de aire a algún componente de un circuito neumático. Esto se logra mediante la estrangulación variable en un alojamiento, ya que por este, circula el aire comprimido que se desea regular. Posee además, un camino de retorno en el cual el aire circula libremente, es decir, es una válvula bidireccional en la que se regula el aire en un solo sentido. Ver figura 8.

Figura 8. **Válvula reguladora de caudal**



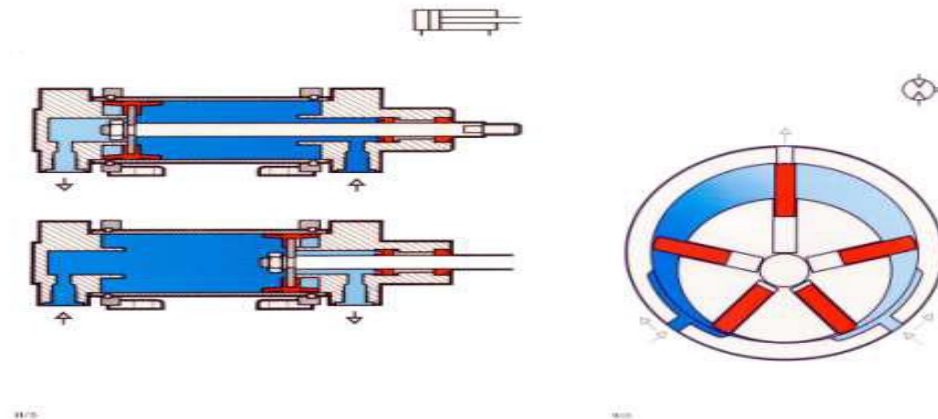
Fuente: MARTÍN, Raúl. *Neumática industrial*. Raul.martin@uca.es. Consulta: septiembre de 2013.

- Actuadores

Convierten la energía de presión en energía mecánica. Pueden ser de distintas clases. Ver figuras 9 y 10.

- Actuadores lineales
- Motores

Figura 9. **Actuadores**



Fuente: MARTÍN, Raúl. *Neumática industrial*. Raul.martin@uca.es. Consulta: septiembre de 2013.

- Tipos de actuadores

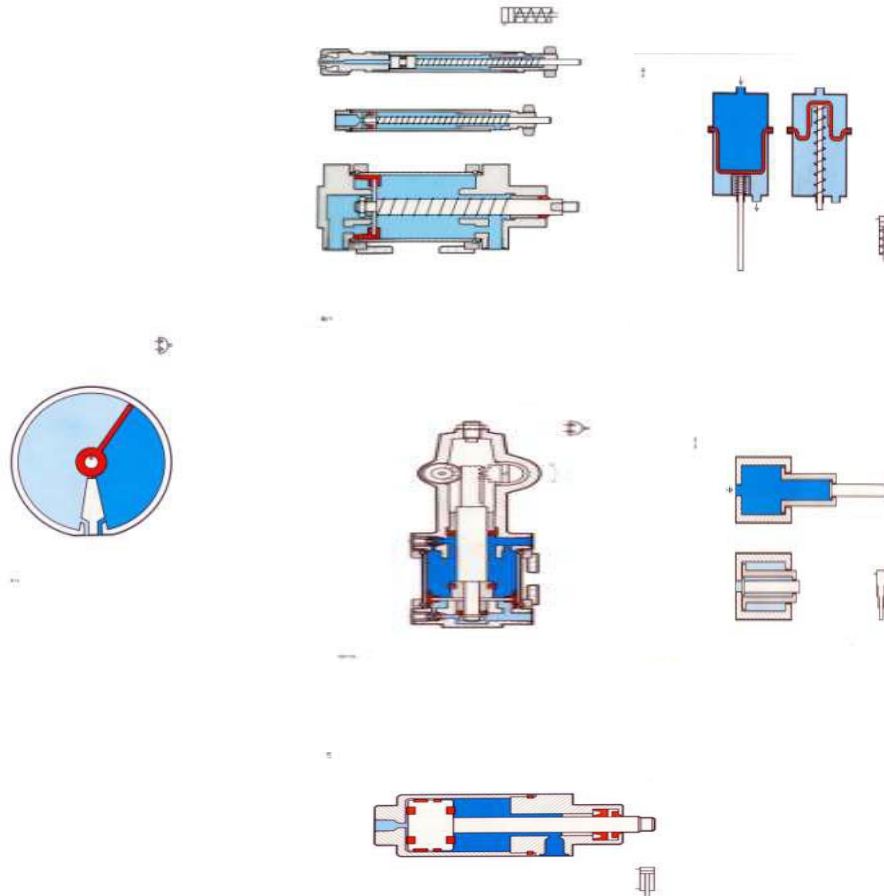
- Simple efecto

- Con membrana
- Con membrana arrollable

- Doble efecto

- Con doble vástago
- Con amortiguación interna
- De émbolo giratorio
- Giratorio
- Telecópico

Figura 10. Tipos de actuadores

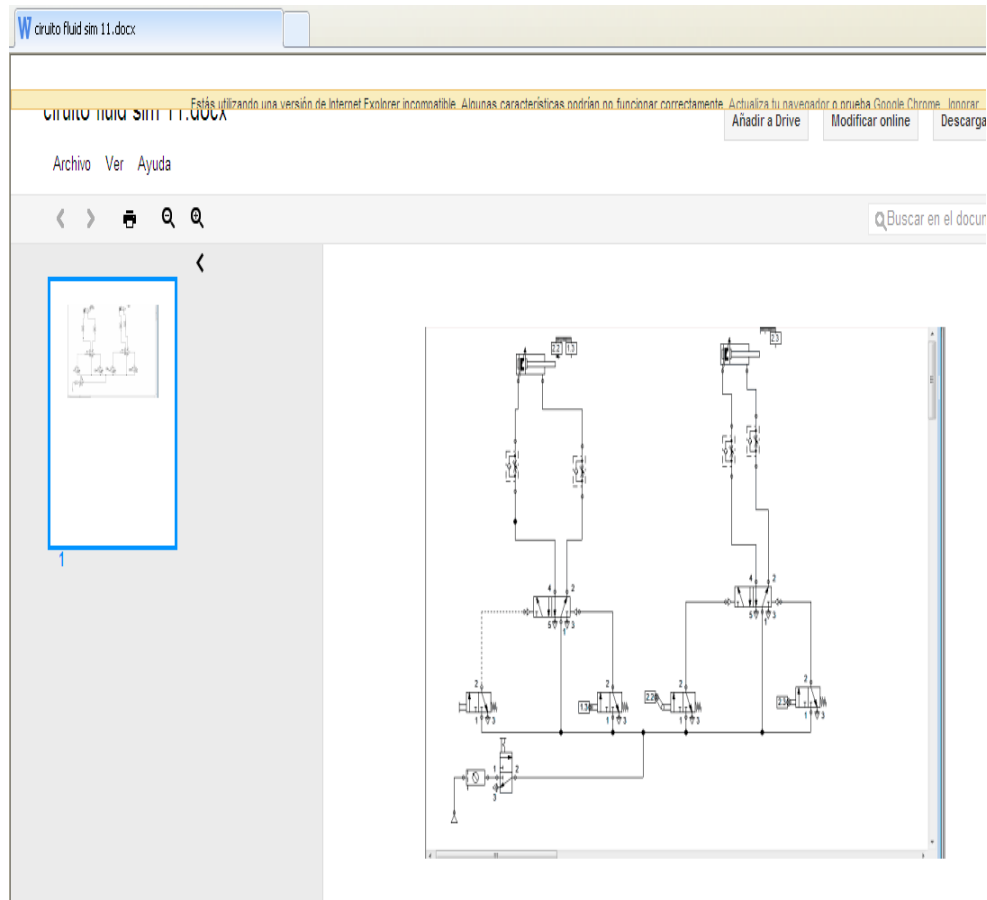


Fuente: MARTÍN, Raúl. *Neumática industrial*. Raul.martin@uca.es. Consulta: septiembre de 2013.

1.3.3. Especificaciones de componentes a usar

Los elementos serán, según el circuito, como se muestran en figura 11.

Figura 11. **Circuito neumático (circuit fluid sim)**

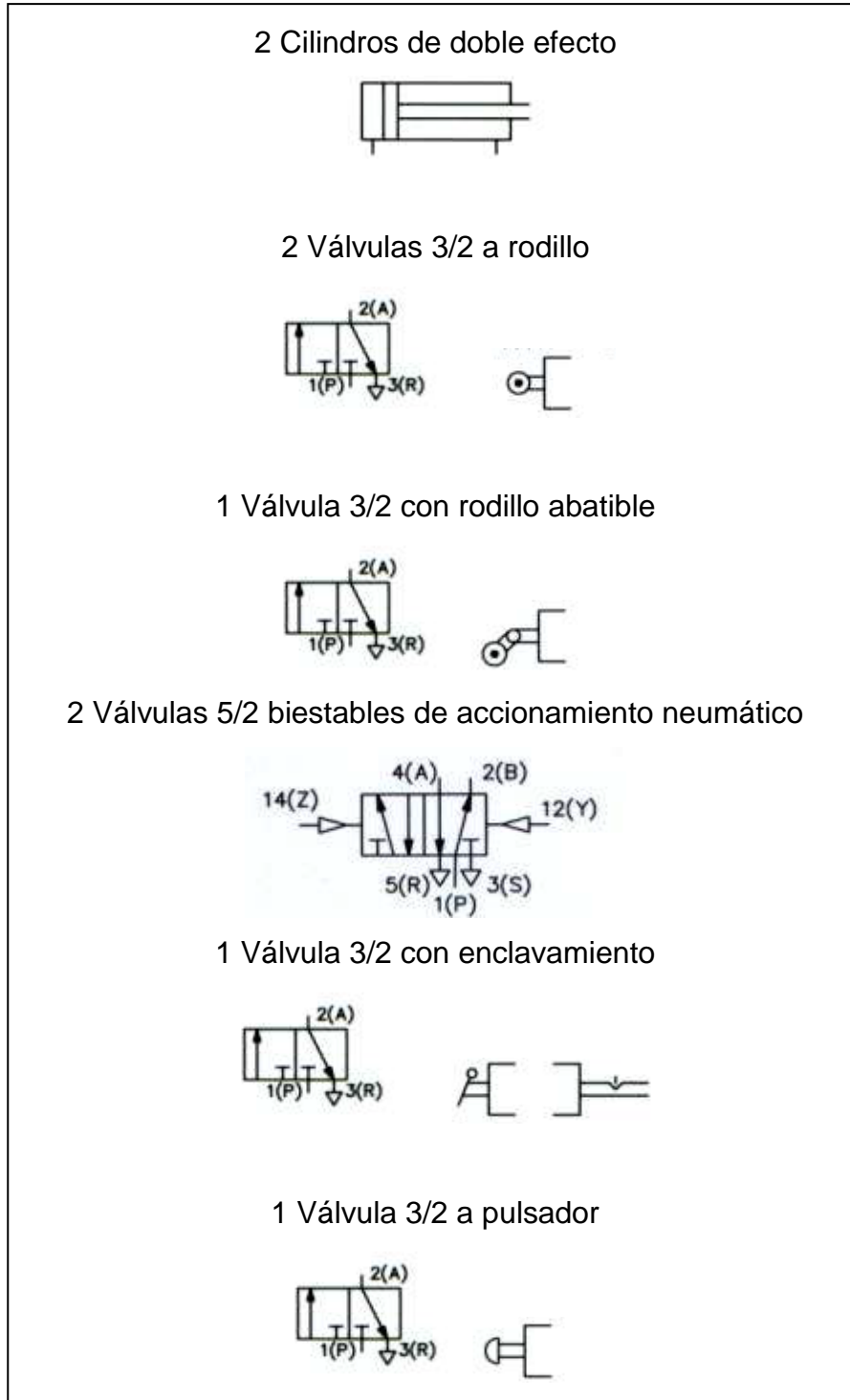


Fuente: elaboración propia, con base al Programa Festo Fluid Sim.

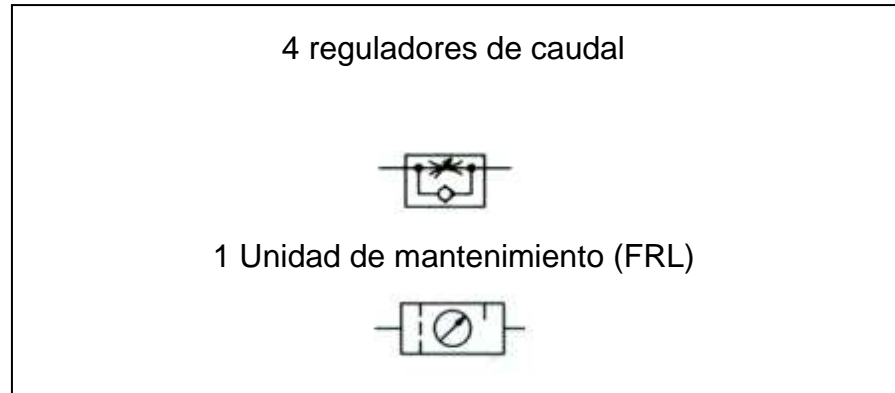
- **Componentes**

Los componentes neumáticos a utilizar se mencionan en la figura 12 con su respectiva simbología.

Figura 12. **Simbología neumática del circuito**



Continuación de la figura 12.



Fuente: MARTÍN, Raúl. Neumática industrial. Raul.martin@uca.es. Consulta: septiembre de 2013.

1.4. Resistencias eléctricas

A continuación se realiza una descripción de la resistencia eléctrica

1.4.1. Concepto de resistencia

Es una resistencia tipo banda con aislamiento mineral, diseñada para aplicaciones que requieren alta densidad de watts y/o altas temperaturas de operación. Se usan en operaciones que requieren de calor en superficies cilíndricas como:

- Cañón de extrusoras de plástico
- Máquinas de inyección y de moldeo por soplado
- Tanques de almacenamiento
- Tambores, recipientes para mantener alimentos calientes
- Máquinas vendedoras de alimentos
- Autoclaves

- Equipo de moldeo por soplado

1.4.2. Especificaciones de las resistencias

Las resistencias observan la energía, por lo cual reducen el costo de operación en aplicaciones de calentamiento de superficies cilíndricas. Las aplicaciones más comunes incluyen máquinas de inyección de plásticos, extrusoras y moldeo por soplado. La flexibilidad del bastidor de metal permite el uso de resistencias banda de una sola pieza y más anchas. (Ver figura 13)

- Ancho mínimo: 4 pulgadas de diámetro x 3 pulgadas.
- Incrementos de ancho estándar: ½ pulgadas.
- Ancho máximo: depende del radio de curvatura y el ancho.
- Diámetro mínimo: 2 pulgadas.
- Diámetro máximo-una pieza: 21 pulgadas (diámetros mayores por segmentos).
- Temperatura máxima: 875 °C (1 600 °F).

Figura 13. **Resistencia de abrazadera**



Fuente: Catálogo.info@tempco.com. Consulta: septiembre de 2013.

1.5. Instrumentación

Técnica que tiene por objetivo el estudio de instrumentos o aparatos de control automático.

Un sistema de control es un conjunto de elementos interrelacionados entre sí que permite comandar, regular o dirigir a otro sistema o a sí mismo dinámicamente y pueden ser de lazo o bucle abierto o bien de lazo o bucle cerrado.

Instrumento/dispositivo que se emplea para determinar el valor o magnitud de una cantidad o variable.

- Rango: espectro o conjunto de valores de la variable medida que están comprendidas dentro del límite superior e inferior de la capacidad media o de transmisión del instrumento. Se expresa estableciendo los dos valores extremos.
- Calibración: es la verificación del instrumento contra un patrón o estándar conocido para reducir los errores de exactitud.
- Exactitud: indica la desviación de una lectura con respecto a una lectura conocida. La exactitud puede mejorarse por medio de la calibración pero no más allá de la precisión del instrumento.
- Precisión: es la tolerancia de medida o transmisión del instrumento y define los límites de los errores cometidos cuando el instrumento es empleado en condiciones normales de operación y servicio.

Generalmente se da en porcentaje, de acuerdo al alcance o rango, según la unidad de la variable, de acuerdo a la lectura o de acuerdo al valor máximo.

Error: es la diferencia algebraica entre el valor leído o transmitido por el instrumento y el valor real de la variable medida, pueden ser:

- Brutos: errores humanos, mala lectura, mal ajuste o calibración, mala operación o de cálculo o cómputo.
- Sistemáticos: desgaste o efecto del medio ambiente, y al azar, los que no se pueden establecer directamente.

1.5.1. Partes de instrumentos

- Elemento primario: el instrumento puede contener un dispositivo que actúa como elemento primario que está en contacto con la variable y utilizan o absorben energía del medio para dar al sistema de medición una indicación en respuesta a la variación de la variable controlable. El efecto del elemento primario puede ser cambio de presión, fuerza, posición, medida eléctrica, etc.
 - Ejemplos: el bulbo y capilar (variación de presión del fluido que los llena).
 - Termopar: variación de la fuerza electromotriz.
- Transmisores: captan la variable de proceso a través del elemento primario y la transmiten a distancia, por ejemplo, en forma de señal neumática en margen de 3 a 15 psi (4 a 20 mA, 0,21 a 1 kg /cm²). Se le

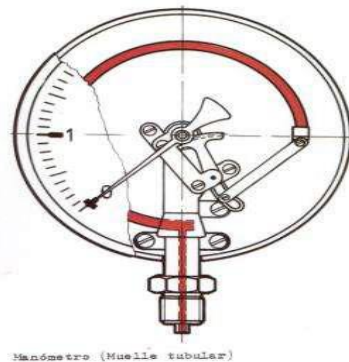
llaman transmisores inteligentes si envía una señal digital que es compatible a una computadora.

- Transductor: produce una señal de salida en base a una señal de entrada que es función de una o más cantidades físicas que puede o no ser modificada. Los elementos primarios pueden ser transductores.

1.5.2. Instrumentación circuito neumático

- Manómetros: miden la presión en un punto o parte del circuito. Ver figura 14.

Figura 14. **Manómetro**



Fuente: MARTÍN, Raúl. Neumática industrial. Raul.martin@uca.es. Consulta: septiembre de 2013.

1.5.3. Instrumentación de temperatura

- Termocupla

Una termocupla, básicamente es un transductor de temperaturas, es decir, un dispositivo que convierte una magnitud física en una señal eléctrica. Está constituida por dos alambres metálicos diferentes que unidos, desarrollan una diferencia de potencial eléctrica entre sus extremos libres que es aproximadamente proporcional a la diferencia de temperaturas entre estas puntas y la unión. Se suelen fabricar con metales puros o aleaciones (caso más común) y la característica más notable es que son empleadas para medir temperaturas en un rango notablemente grande comparadas con otros termómetros. Valores típicos del rango de temperatura están entre 70 Kelvin y 1 700 Kelvin, pudiéndose llegar en algunas circunstancias con aleaciones especiales hasta los 2000 grados Kelvin, Ver figura 15.

Figura 15. **Termocupla tipo J**



Fuente: www.ing.unlp.edu.ar/cys/DI/termocuplas.pdf. Consulta: marzo de 2014.

Tabla IV. Tipos de termocuplas

Tipo	Alcance Temperatura °C	Materiales y Aleaciones (+) Vs. (-)
Metal - Base		
E	-270 a 1 000	níquel - cromo Vs. cobre - níquel
J	-210 a 1 200	hierro Vs. cobre - níquel
T	-270 a 400	cobre Vs. cobre - níquel
K	-270 a 1 372	níquel - cromo Vs. níquel - aluminio
N	-270 a 1 300	níquel - cromo - silicio Vs. níquel - silicio - magnesio
Metal - Noble		
R	-50 a 1 768	platino - 13 % rodio Vs. platino
S	-50 a 1 768	platino - 10 % rodio Vs. platino
B	0 a 1 820	platino - 30 % rodio Vs. platino - 6 % rodio

Fuente: Catálogo.info@tempco.com. Consulta: septiembre de 2013.

1.5.4. Elementos circuito eléctrico

- Gabinete metálico 300*300*250 mm. Q 300,00.
- Controlador temperatura GEFRAH 600 para 220 VAC, 2 salidas relé.
- Q 500,00
- 2 contactores bobina 220 VAC de 3,5 Kw. Q 600,00
- 1 luz de 220 VAC para 22mm completa. Q 100,00
- 2 resistencias de banda 4 pulgadas de diámetro * 3 pulgadas. Q 1500,00.
- 1 metro de riel DIN 35mm. Q 50,00.
- 10 metros TSJ 2*10 AWG. Q 200,00.
- 4 borneras tipo caballete de 7,5 mm². Q 20,00.
- 2 tope final para bornera. Q 20,00.

- 2 breacker de 2*12 Amp. Q 100,00.
- 1 Termocupla tipo J, Q 100,00.
- 3 prensa estopa PG25. Q 30,00.

Costo total Q 3 520,00. Información Ingelmec, marzo de 2014.

1.6. Eje de paletas y buso

El eje de paletas o agitador será el encargado de distribuir la masa de molienda equitativamente a las paredes del cilindro 1.

Para que estas partículas estén en contacto con las paredes del mismo y así adquieran la temperatura de este que será de 40,00 grados Celsius tendrá una longitud de 78,0 centímetros y tendrá un diámetro externo de 1,5 centímetros, el mismo será hueco y su grosor de pared será de 0,158 centímetros, pero sellado de ambos extremos, su carrera será de aproximadamente 6,25 centímetros y tendrá una guía al inicio en forma de camisa que le provocará un giro de 90 grados y que tendrá una longitud de 7,75 centímetros.

El mismo será accionado por el choque del actuador de doble efecto del cilindro 1.

Por otro lado, tendrá dos juegos de paletas agitadoras en $1/3$ y $2/3$ de su longitud, cada juego constará de 4 paletas de 0,03 metros de longitud, fabricadas de varilla de hembra de 0,0127 centímetros y su cara plana formando un ángulo de 90 grados con el eje de giro.

El buso recuperador será donde se aloje el eje de paletas en la parte de salida de la molienda plástica y estará formado por un cilindro de 0,02 metros de diámetro, abierto de un lado para alojar el extremo del eje de paletas y cerrado en el otro extremo, para no permitir la salida del resorte recuperador, asimismo, tendrá un grosor de pared de 0,003175 metros

El buso tendrá una longitud de 0,16 metros dentro del cual alojará un resorte de 0,125 metros que se contraerá hasta la mitad de su longitud cuando el pistón accione el eje de paletas, para luego recuperar su forma, asimismo, hará la función de camisa, para que el eje de paletas no pierda la horizontal.

Tanto el buso recuperador como la guía de giro estarán asegurados al cilindro 1, por varilla hembra de 0,127 metros, tanto en el eje X, como en el eje Y.

1.7. Drenadores de humedad

Se colocarán 2 drenadores de vapor en la parte superior y 2 drenadores de líquidos en la parte inferior del cilindro principal para facilitar la evacuación del agua resultante del proceso de secado, en 1/2, y 3/4 de la longitud del cilindro 1.

1.8. Especificaciones del bastidor

Todo el bastidor será fabricado de perfil cuadrado de 1,5 pulgadas * 1,5 pulgadas * 1/8 pulgadas de material galvanizado, cubierto hasta cierta área con una lámina de acero A36 de 3/16 de pulgada de grosor, forma y especificaciones que muestran los planos que en el capítulos 2 se describen en todas sus formas detallados.

2. PLANOS DE LA MÁQUINA SECADORA DE PLÁSTICOS

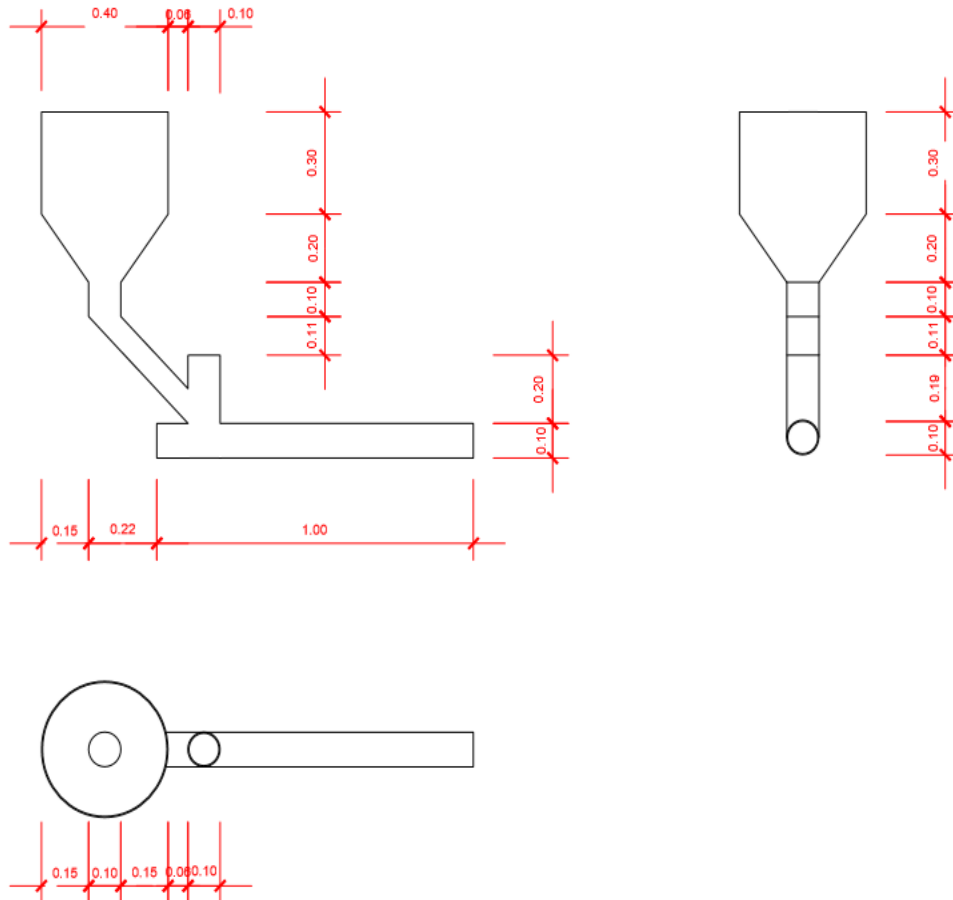
En primer lugar se debe definir la forma que tendrá la máquina secadora de plásticos, ya que el bastidor es la pieza o el conjunto de piezas donde irán montados los mecanismos más importantes que serán los encargados de hacerla funcionar

2.1. Vistas de los cilindros

Se elaboró de tal manera, que el ingeniero a cargo del proyecto tenga una mejor visión de lo que desea el diseñador al momento del montaje, con lo cual se espera un mejor aprovechamiento del espacio dentro de la planta y que al ser abastecido de la materia prima no represente un esfuerzo muy grande para la persona encargada de levantar el recipiente, ya sea costal o cubeta.

Las tres vistas dan una idea clara del espacio que la misma ocupará sumando por supuesto la base que será considerada más adelante dentro del presente proyecto, el peso también fue tomado en cuenta, ya que de ser necesario su traslado al Área de Mantenimiento no sea difícil, ni mucho menos represente riesgos grandes para los encargados de realizar estas labores, ver figura 16.

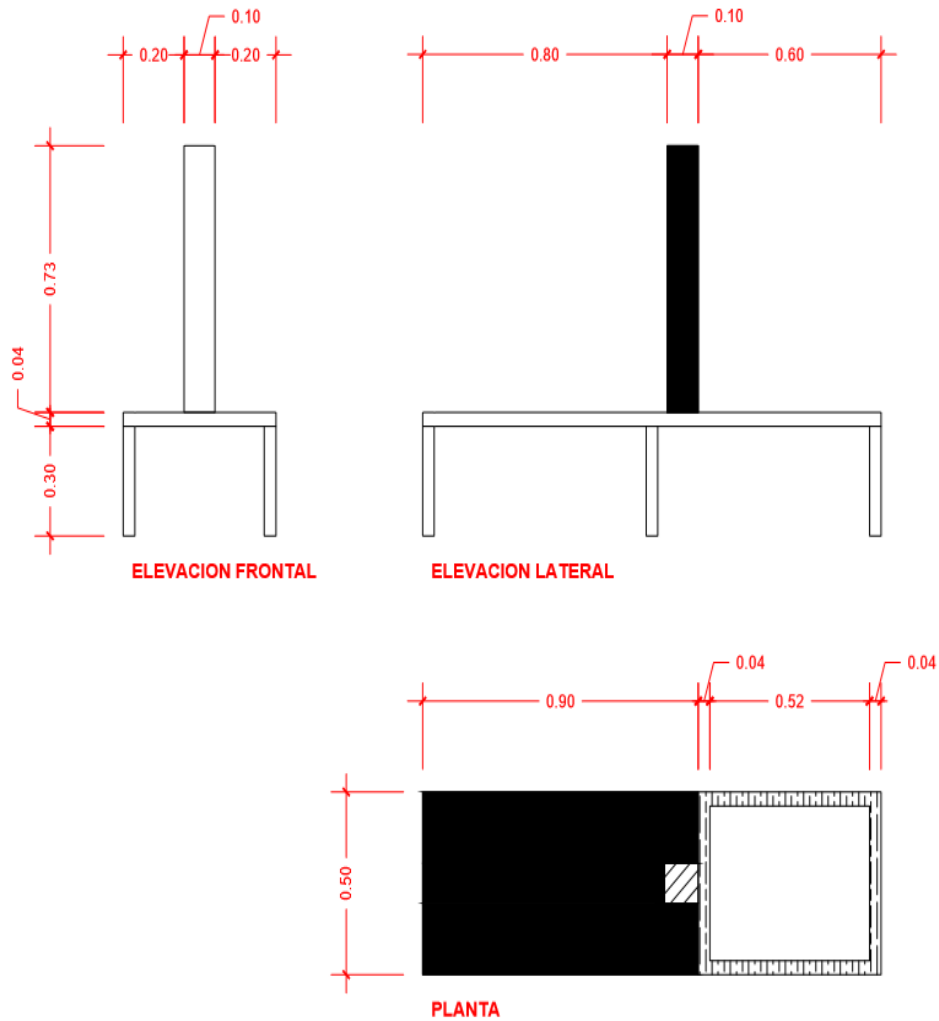
Figura 16. Perfil-frente-planta



Fuente: elaboración propia.

La base donde irá montado el conjunto de cilindros será una mesa sencilla con una parte cubierta y otra no, debido a que el cilindro 1, que es donde estarán colocadas las resistencias de abrazadera no puede tener contacto con otros cuerpos, debido a que tomaría más tiempo adquirir la temperatura de trabajo, ver figura 17.

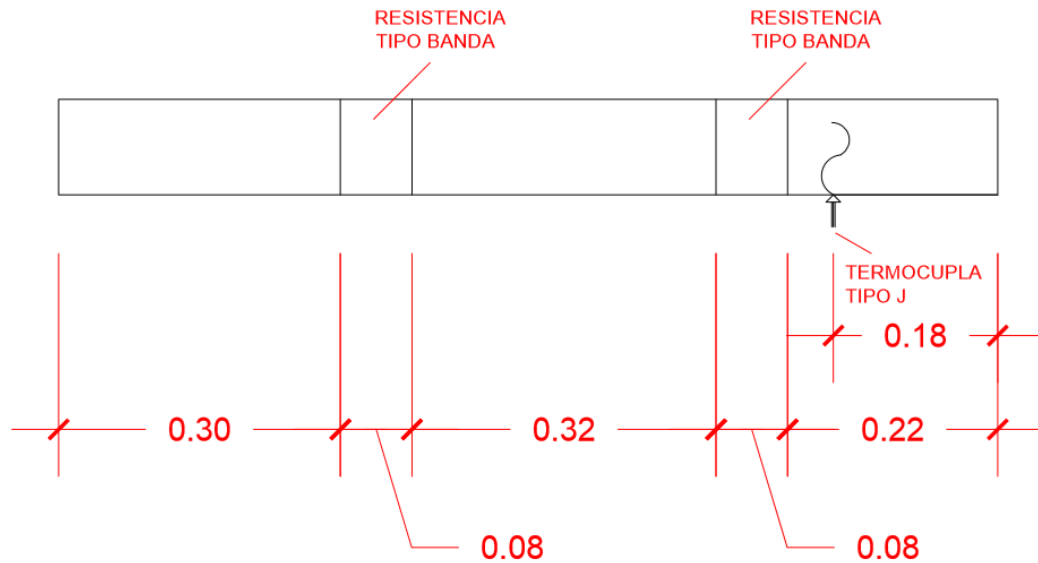
Figura 17. **Base de cilindros**



Fuente: elaboración propia, con AutoCAD.

Tomando en cuenta las dimensiones de la base, se tiene una parte al aire y la salida del cilindro 1, será un pequeño voladizo con respecto a la base, y el cilindro 3 coincidirá con la parte sombreada de la vista lateral, ver figura 18.

Figura 18. Disposición de resistencias



Fuente: elaboración propia, con AutoCAD.

2.2. Funcionamiento

Como lo demuestra el circuito neumático de la figura 11, se puede observar que una válvula 3/2 con enclavamiento abre el paso del flujo de aire comprimido que abastece a todo el sistema.

Esto accionará rápidamente el actuador 2, situado en el cilindro 1, ya que la válvula de rodillo abatible 3/2 colocada en punto muerto inferior del actuador 1 colocado en el cilindro 3 se encuentra en posición *ON*.

El mismo actuador, al momento de accionarse en su PMS, acciona la válvula de rodillo 3/2, lo que provocará su inmediato regreso.

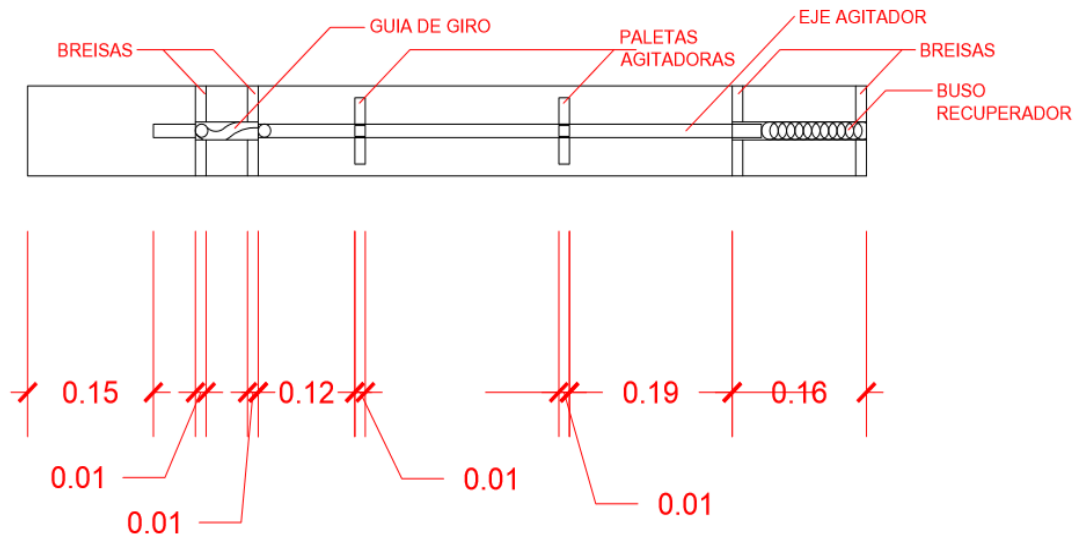
Luego de accionar una válvula 3/2 de pulsador, se abrirá el paso hacia una válvula 5/3 de accionamiento neumático que liberará el embolo del actuador 1, situado en el cilindro 3, este pondrá en *OFF* la válvula 3/2 de rodillo abatible en su PMI (punto muerto inferior) y en su PMS (punto muerto superior) accionará la válvula de rodillo que inmediatamente provocará su regreso.

Será la secuencia en el accionar de ambos actuadores, velocidad la cual se podrá limitar con los reguladores de caudal.

Por otro lado, el actuador 2 con su cabeza, accionará el eje agitador y la guía de giro provocará un desplazamiento, juntamente con el cambio de ángulo de 90 grados en un tramo de 0,075 metros, y al momento de que el actuador regrese el buso recuperador devolverá al eje agitador a su punto de partida.

Las paletas agitadoras serán las encargadas de revolver la mezcla dentro del cilindro y tratar lo más que se pueda permitir el contacto con las paredes de la mezcla y que la temperatura de salida, que es de 40 grados se transfiera a toda la mezcla, medida que será tomada por una termocupla al final del tramo, ver figura 18.

Figura 19. Interior del agitador

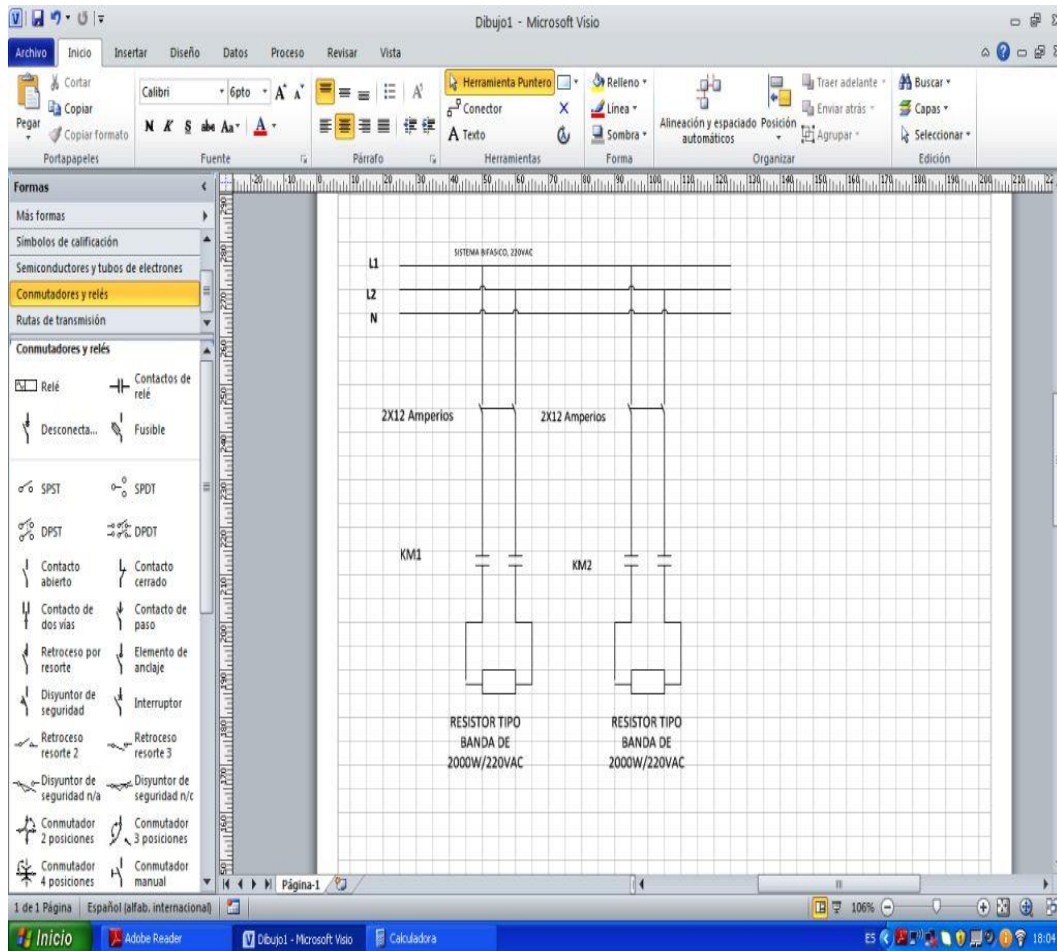


Fuente: elaboración propia, con AutoCAD.

2.3. Circuito de potencia y control de temperatura

Fue diseñado pensando en el bajo consumo energético y aparte en su fácil mantenimiento, para lo cual el diseñador se asesoró de un ingeniero electricista en cuanto a la parte técnica y la parte de costos debido a su amplio conocimiento del mercado local, por otro lado se tomó en cuenta la opinión de los propietarios de Polimarq, debido a que ellos conocen de primera mano el problema en cuanto a caídas de tensión en el sector donde se desenvuelven, ver figura 19.

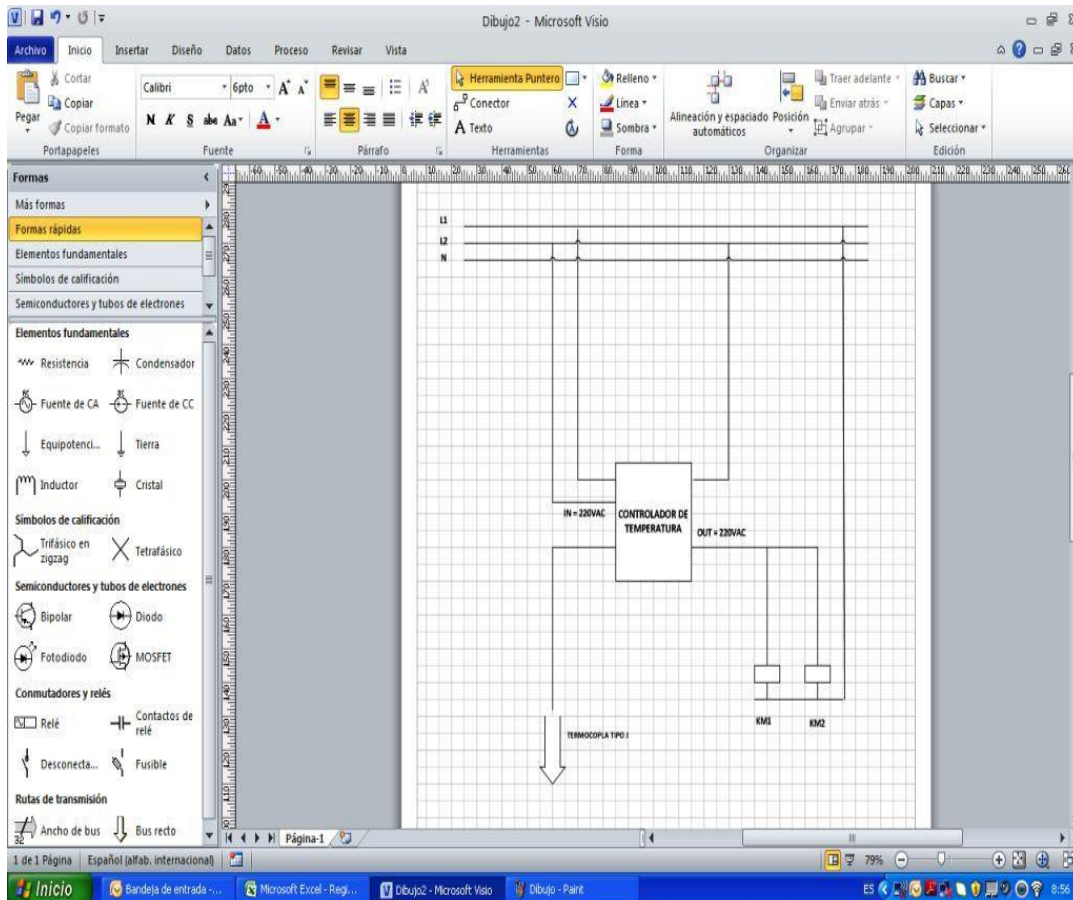
Figura 20. Circuito de potencia



Fuente: elaboración propia, con Visio 2010.

El panel de circuito del control de temperatura estará colocado en un panel a 5 metros de distancia de la máquina, lo que hará fácil el encendido y el apagado de la misma en caso de cualquier emergencia, a continuación se muestra el circuito completo, ver figura 20.

Figura 21. Circuito de control de temperatura



Fuente: elaboración propia, con Visio.

3. MANTENIMIENTO

El mantenimiento es la serie de tareas o trabajos que hay que ejecutar en algún equipo o planta, a fin de poder conservarlo eficientemente, para que pueda brindar el servicio para el cual fue creado.

La adquisición de equipo nuevo acarrea costos elevados, pues inicialmente su depreciación es muy acelerada, aunque se compensa, ya que necesita menos gastos de mantenimiento y la expectativa de falla es menor.

- Finalidad del mantenimiento

Conservar la planta industrial con el equipo, edificios, servicios e instalaciones en condiciones de cumplir con la función para la cual fueron proyectados con la capacidad y la calidad especificadas, pudiendo ser utilizados en condiciones de seguridad y economía de acuerdo a un nivel de ocupación y a un programa de uso definidos por los requerimientos de producción.

- Mantenimiento preventivo

Al mantenimiento preventivo se le puede definir como la conservación planeada, y llega a tener como función conocer sistemáticamente el estado de las máquinas y equipo para programar, en los momentos más oportunos y de menos impacto, en la tarea que debe realizar.

El mantenimiento preventivo se refiere a que no se debe esperar a que las máquinas fallen para hacerles una reparación, sino que se programen los recambios con el tiempo necesario antes de que fallen; esto se puede lograr conociendo las especificaciones técnicas de los equipos a través de los manuales de los mismos.

El objetivo de este mantenimiento no se ajusta a lo que es adecuado para el equipo, sino que su meta es considerar el trabajo. Se le da servicio a la maquinaria y equipo, considerando el efecto sobre la producción, seguridad personal y del equipo mismo. Se dice entonces que, el mantenimiento preventivo se ha utilizado para indicar un sistema de programación, en sus beneficios secundarios.

- Mantenimiento predictivo

El mantenimiento predictivo se basa en función de averías en la maquinaria o equipo que ya se han previsto, sea por algún medio estadístico o por las instrucciones del fabricante, aunque no ha se localizado en el tiempo.

Como ya se ha mencionado, el mantenimiento predictivo va a decir o a predecir qué piezas pueden ser remplazadas o protegidas, antes de que estas puedan fallar; además, permite planificar que los recursos se puedan utilizar como: la mano de obra, herramientas, materiales y repuestos que se han adquirido o localizado con anticipación.

Este método de mantenimiento tiene el inconveniente de que solo puede proteger elementos vitales y no fallas de elementos secundarios.

- Mantenimiento correctivo

Este tipo de mantenimiento se basa en ejecutar las correcciones menores a la maquinaria para adaptarla mejor al medio. Son reparaciones serias que requieren una revisión completa o reconstrucción, ya que a veces es mejor realizar algunas correcciones a la maquinaria para reducir los costos, tanto de operación, como de servicio, y no prolongarlos.

Estas correcciones requieren de personas especializadas y bajo una rigurosa supervisión de ingenieros, así como del distribuidor, y guiarse con el manual del fabricante, para no perder la potencia de la máquina o perjudicar su funcionamiento.

También se puede dar al momento de realizar una rutina de mantenimiento preventivo.

- Mantenimiento de mejora (DOM)

Consiste en modificaciones o agregados que se pueden hacer a los equipos, si ello constituye una ventaja técnica y/o económica y si permiten reducir, simplificar o eliminar operaciones de mantenimiento.

- Mantenimiento de oportunidad

Aprovechando la parada de los equipos por otros motivos y según la oportunidad calculada sobre bases estadísticas, técnicas y económicas, se procede a un mantenimiento programado de algunos componentes predeterminados de aquellos.

- Mantenimiento productivo total (T.P.M.)

Es un sistema de organización donde la responsabilidad no recae solo en el Departamento de Mantenimiento sino en toda la estructura de la empresa "El buen funcionamiento de las máquinas o instalaciones depende y es responsabilidad de todos".

3.1. Limpieza

La limpieza se realizará al finalizar el día de trabajo y consistirá en limpieza interna de los cilindros de cualquier partícula plástica que pueda haber quedado dentro de los mismos, ya que al podrían acumular más humedad durante la noche debido a las bajas temperaturas, lo que podría producir óxido en las paredes internas de los cilindros.

Asimismo se eliminará cualquier tipo de residuo en la tolva de alimentación.

3.2. Lubricación

En todo mecanismo, el ingeniero proyecta que este funcione con una película de lubricante entre dos piezas móviles, de manera que separe las superficies. A esto se le conoce como lubricación hidrodinámica.

Esta ocurre cuando las presiones desarrolladas en una película convergente de líquido, son suficientes para soportar la carga sobre las piezas que se mueven entre sí.

Para que exista este fenómeno, tiene que haber una combinación de velocidad, carga y viscosidad del lubricante. El aumento de velocidad o en la viscosidad produce una película más gruesa. Mientras que si se aumenta la carga, la película disminuye.

- Factores para elegir los lubricantes

La selección de un lubricante depende de la gama de temperatura, la velocidad de rotación y las condiciones ambientales y de funcionamiento.

- Ventajas de los aceites

El aceite es el lubricante apropiado cuando la velocidad y/o las condiciones de funcionamiento son altas, o cuando es necesario evacuar el calor del rodamiento.

- Ventajas de las grasas

En los casos en que el rodamiento funciona en condiciones normales de velocidad y temperatura se elige la grasa como lubricante. Como lubricante, la grasa presenta diversas ventajas con respecto al aceite; requiere un sistema más sencillo y barato, mejor adhesión, y protección contra la humedad y los contaminantes del ambiente de trabajo, cuando el acceso a la lubricación es difícil.

3.3. Mantenimiento del circuito neumático

Se establecerán algunos consejos generales para evitar incidencias y averías en las instalaciones con cilindros neumáticos:

- Lubricar con aire neumático limpio las juntas, conectores y racores antes de usarlos.
- Comprobar la presión de funcionamiento del circuito neumático, para evitar sobrepresiones.
- Comprobar el apriete de los conectores neumáticos del cilindro, para evitar fugas.
- Comprobar los soportes de los cilindros, tanto en holgura como en alineación.
- Limpiar la suciedad del vástago, usando fuelles en instalaciones en zonas de polvo o suciedad alta.
- Mantener el aire neumático en perfectas condiciones ayuda, en gran medida, a la conservación de todos los elementos de una Instalación neumática.

El mantenimiento a los motores neumáticos es, básicamente el mismo que el que se le da a las bombas neumáticas.

3.3.1. Mantenimiento preventivo de cilindros neumáticos

Lo más común es darle mantenimiento a los elementos que evitan tanto fugas internas como externas. Algunos autores los llaman sellos, otros los llaman guarniciones.

3.3.2. Mantenimiento correctivo de cilindros neumáticos

El mantenimiento correctivo a los cilindros neumáticos consiste, básicamente en el reemplazo de partes internas sometidas a desgaste excesivo o con fallas de operación.

Las partes que más se dañan son los vástagos, por lo que es común que sean rectificadas. Estos no deben presentar daño alguno, pues de hacerlo dañarán otros componentes internos, además de que afectarán sensiblemente al desempeño del cilindro así como a la presión y fuerza ejercida por el mismo. Una vez dañados hay que desarmar el cilindro, rectificar el vástago y cromarlo para evitar corrosión.

Durante la operación el cilindro neumático puede experimentar daños si no tiene un adecuado cuidado, los problemas que se presentan son los siguientes:

- La presión de operación del tractor excede el rango de presión del cilindro neumático.
- Se doblan las articulaciones del cilindro cuando se extiende o retrae.
- El vástago del cilindro se dobla o daña.

- Fugas en los conectores de los puertos del cilindro.
- Para evitar estos problemas es necesario leer la siguiente información e identificar las causas más comunes que puedan dañar al cilindro. Asimismo, realizar la acción correctiva según sea el caso para prevenir daños en el cilindro.

3.4. Mantenimiento del circuito eléctrico

Conjunto de acciones oportunas, continuas y permanentes dirigidas a prever y asegurar el funcionamiento normal, la eficiencia y la buena apariencia de los equipos eléctricos.

3.5. Recursos de mantenimiento

La creación de un Plan de Mantenimiento tiene como objetivos:

- Definir qué partes o elementos serán objeto de este mantenimiento
- Determinar los trabajos a realizar en cada caso
- La secuencia de esos trabajos
- Seleccionar la mano de obra estimada
- Anticipar y planificar los inventarios
- Los tiempos previstos para cada tarea
- Realizar una rutina de mantenimiento
- Llevar a cabo revisiones e inspecciones
- Crear un organigrama del Departamento de Mantenimiento

3.5.1. Personal

El operador de la máquina será capacitado debidamente para hacer el mantenimiento respectivo a la máquina. A excepción del sistema eléctrico, el cual estará a cargo del electricista especializado de la planta.

Asimismo, el mecánico de la planta será el encargado de darle el servicio rutinario incluido dentro del mantenimiento establecido en el manual del fabricante del compresor.

3.5.2. Herramientas e insumos

El Departamento de Mantenimiento de fábrica de poliducto Polimarq, cuenta con una completa gama de herramientas para cada función específica en las labores de limpieza, lubricación, mantenimiento preventivo y correctivo de los sistemas neumáticos, eléctricos, así como de las piezas móviles que no tengan que ver con ninguno de estos.

- Con un buen mantenimiento se busca:
 - Evitar, reducir, y en su caso, reparar, las fallas sobre los bienes precitados.
 - Disminuir la gravedad de las fallas que no se lleguen a evitar
 - Evitar detenciones inútiles o paros de máquinas.
 - Evitar accidentes.
 - Evitar incidentes y aumentar la seguridad para las personas.
 - Conservar los bienes productivos en condiciones seguras y preestablecidas de operación.

- Balancear el costo del mantenimiento con el correspondiente al lucro cesante.
- Alcanzar o prolongar la vida útil de los bienes.

4. ESPECIFICACIONES DE MATERIALES PLÁSTICOS A SECAR

El plástico es un material logrado en laboratorio mediante la transformación sintética del carbono, hidrogeno, nitrógeno y oxígeno en combinación con otros elementos que se obtienen del petróleo. Material difícilmente biodegradable y altamente contaminante que, quemado produce gases venenosos y además el 90 por ciento de ellos son reciclables.

La industria de los plásticos es una actividad económica tan variada en la que son abundantes las oportunidades de participar en ellas, ya sea como empleados o como empresarios. Las esperanzas de crecimiento en el área de los plásticos son bastante alentadoras.

La American Society of Testing Materials, 1967, define al plástico como “cualquier material de un numeroso grupo de materiales, que consiste o contiene como ingrediente esencial, una sustancia orgánica de alto peso molecular, el cual siendo sólido en su estado definitivo, en algún momento de su manufactura, bien sea por forja, prensado, expulsión, moldeo, etc. Ha sido o puede estar en forma pastosa o simplemente liquida, por lo general, gracias a la aplicación individual o conjunta de calor y presión”.

La posibilidad de convertir materiales plásticos orgánicos en productos de utilidad, viene abundantemente confirmada mediante el empleo de procesos y equipos adecuados.

A causa de los profundos y característicos cambios que sufren durante su moldeado, los plásticos requieren en su manejo, no solo de gran habilidad al escoger el equipo correspondiente sino una gran comprensión por parte del individuo encargado de la producción.

El polietileno es el termoplástico más usado actualmente, se trata de un plástico barato que puede moldearse a casi cualquier forma, extruirse para hacer fibras o soplarse para formar películas delgadas.

El polietileno pertenece al grupo de polímeros denominados poliolefinas. Estas provienen de hidrocarburos simples, compuestos por átomos de carbono e hidrógeno y con dobles enlaces C=C.

Los productos hechos de polietileno van desde materiales de construcción y aislantes eléctricos hasta material de empaque.

4.1. Clasificación del polietileno

- El polietileno se clasifica por
 - Densidad
 - Contenido de monómeros
 - Peso molecular
 - Distribución del peso molecular
 - Índice de fluidez
 - Modificación

El criterio de clasificación más empleado es la densidad, según la tecnología que se emplee se pueden obtener dos tipos de polietileno: el de baja densidad y el de alta densidad.

- Polímero de etileno de alta densidad
 - Polietileno de alta densidad
 - Polietileno de alta densidad alto peso molecular
 - Polietileno de ultra peso molecular

4.2. Reciclaje

Este material puede ser reciclado, al igual que los demás termoplásticos. Es identificado con el siguiente símbolo:

Figura 22. **Símbolo de identificación**



Fuente: Polimarq.

En las tablas V y VI se hace referencia a las distintas propiedades del material utilizado como materia prima.

Tabla V. **Propiedades físicas y mecánicas**

Peso molecular medio	25 000
Viscosidad intrínseca (en tetranidronaftaleno a 75 °C),dlts/gr.	1,0
Punto de Fusión, °C	110
Densidad	
a 20 °C	0,92
a 50 °C	0,90
a 80 °C	0,87
a 110 °C	0,81
Coefficiente de dilatación lineal entre 0 y 40 °C, por °C	0,0002
Aumento de volumen por calentamiento desde 20 a 110 °C,	14
Compresibilidad a 20 °C, por atm.	$5,5 \times 10^{-5}$
Calor específico	
a 20 °C	0,55
a 50 °C	0,70
a 80 °C	0,90
Índice de refracción	1,52
Módulo de Young (0-5% de extensión), Kg./cm ²	1 600
Resistencia a la tracción a 20 °C., Kg./cm ²	150
Resistencia al choque (barra con muesca de 0,5 pulgadas. en cuadro),Kgm	+2,07
Dureza Brinell (bola de 2 mm de diám., 3 Kg	2
Conductividad térmica, cal/ (seg.) (cm) (°C/cm.	0,0007
Alargamiento en la ruptura	500

Fuente: elaboración propia, con datos de Polimarq.

Tabla VI. **Propiedades físicas y mecánicas 2**

Propiedades de los LDPE y HDPE (Propiedad)	LDPE	LLDPE	HDPE
Densidad, g/cm ³	0,92-0,93	0,922-0,926	0,95-0,96
Resistencia a la tracción x 1000 psi	0,9-2,5	1,8-2,9	2,9-5,4
Elongación, %	550-600	600-800	20-120
Cristalinidad, %	65	95
Rigidez dieléctrica, V/milla.	480	480
Máxima temperatura de uso, °C	82-100	480	80-120

Fuente: elaboración propia, con datos de Polimarq.

5. COSTO DE CONSTRUCCIÓN DE MÁQUINA

Para los costos de construcción de la máquina se tomaron en cuenta aspectos importantes, tales como: materiales, traslados de personal, fase investigativa, etc.

Debido a que los costos de los materiales aumentan dependiendo el lugar del país al cual el proveedor haga el envío, se cotizó con base a que la máquina se montará en la ciudad capital y se cotizó el costo de logística y traslados de personal como de equipos al momento del montaje. Ver tabla VII

Tabla VII. **Costo construcción máquina**

Componente	Costo	Proveedor
Elementos eléctricos	Q 3 520,00	INGELMEC S. A.
Elementos neumáticos	Q 5 000,00	SERPROF S. A.
Materiales bastidor	Q 3 000,00	Aceros de Guatemala
Investigación	Q 10 000,00	Trabajo de Graduación
Logística y transporte	Q 8 000,00	Transportes Fuentes
Mano de obra bastidor (armado)	Q 3 000,00	Polimarq
Montaje de equipo y extras	Q 7 480,00	Polimarq

Costo total: Q 40 000,00

Fuente: elaboración propia, con datos de Polimarq.

6. PROCESO ACTUAL DE SECADO

El secado de sólidos consiste en separar pequeñas cantidades de agua u otro líquido de un material sólido con el fin de reducir el contenido de líquido residual hasta un valor aceptablemente bajo. El secado es habitualmente la etapa final de una serie de operaciones y con frecuencia, el producto que se extrae de un secador para empaquetado.

6.1. Equipos de secado

Las operaciones de secado pueden clasificarse ampliamente por lotes o continuas. Estos términos pueden aplicarse específicamente desde el punto de vista de la sustancia que está secando.

El equipo de secado, puede ser tan sencillo como un soplador con una resistencia adaptada, o tan complejo como un secador rotatorio.

6.1.1. Clasificación de los secadores

Los secadores se clasifican según:

- El método de transmisión de calor a los sólidos húmedos
 - Directos
 - Indirectos
 - Diversos
 - Discontinuos o por lote

- Continuos
- Para sólidos granulares o rígidos y pastas semisólidas
- Que pueden aceptar alimentaciones líquidas o suspensiones

El primer método de clasificación revela las diferencias en el diseño y el funcionamiento del secador, mientras que el segundo es más útil para seleccionar entre un grupo de secadores que se someten a una consideración preliminar en relación con un problema de desecación específico.

6.2. Proceso de secado en planta

Debido a los altos costos de los equipos de secado el proceso mencionado en la empresa Polimarq, actualmente se realiza de forma similar a la que se hace con el grano de café en las fincas de la costa sur, es decir, usando el sol como fuente de calor.

El proceso de limpieza se realiza mediante el uso de lavadoras de tipo domiciliar, que pueden limpiar 15 libras de material en aproximadamente 20 minutos.

En el exterior se dispone de un espacio de aproximadamente 30,00 metros * 12,00 metros lo que equivale a un área de 360,00 metros cuadrados, y en el interior se dispone de un área de 7,00 metros * 9,00 metros que equivalen a 63,00 metros cuadrados, que no está debidamente ventilada, por lo que al momento de que llueve es un problema no solo el juntar la materia prima e ingresarla al espacio cerrado, sino que la falta de espacio y ventilación no deja que el material reciba el calor adecuado.

Si se utiliza la mitad del espacio externo que equivale a 180 metros cuadrados y el grosor de la capa de molienda de material es de aproximadamente 0,02 metros, esto da un total de material sacado a ventilar de 2 336,00 libras aproximadamente, lo cual requiere del empleo de buena cantidad del recurso humano con el que cuenta la planta, aproximadamente 4 personas cuando la lluvia se hace presente, para funciones de juntar el material para posteriormente ingresarlo al espacio cerrado.

En el caso del polietileno de alta densidad el proceso es el siguiente:

- Selección de plásticos
- Separación
- Molino
- Clasificación
- Lavado
- Secado
- Mezcla

La mezcla que se compone de polietileno de alta densidad, y para determinar su densidad se coloca dentro de un recipiente de diámetro igual a 0,29 metros y una altura de 0,35 metros la mezcla encontrada pesa 15,00 libras por lo que se tiene una densidad de mezcla de poliductos de 648,84 libras/metros cúbicos.

7. COSTO BENEFICIO

La técnica de análisis de Costo/Beneficio tiene como objetivo fundamental proporcionar una medida de la rentabilidad de un proyecto, mediante la comparación de los costos previstos con los beneficios esperados en la realización del mismo.

Esta técnica se debe utilizar al comparar proyectos para la toma de decisiones.

Un análisis Costo/Beneficio, por sí solo no es una guía clara para tomar una buena decisión. Existen otros puntos que deben ser tomados en cuenta, por ejemplo, la moral de los empleados, la seguridad, las obligaciones legales y la satisfacción del cliente.

El análisis Costo-Beneficio permite definir la factibilidad de las alternativas planteadas o de un proyecto a ser desarrollado.

La utilidad de la presente técnica es la siguiente:

- Valorar la necesidad y oportunidad de la realización de un proyecto.
- Seleccionar la alternativa más beneficiosa de un proyecto.
- Estimar adecuadamente los recursos económicos necesarios, en el plazo de realización de un proyecto.

7.1. Estudio financiero

Inicialmente se considera que el proyecto, para su operación rente un local lo que el alquiler se proyecta de Q 5 000,00 quetzales, mensual esto asciende en un monto total de renta por un año de Q 60 000,00 (ver tabla VIII).

Tabla VIII. **Costo de alquiler de bodega**

o.	Concepto	U.M.	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
INFRAESTRUCTURA					Q 60 000,00
	Alquiler de Local para producir producto Final	Mensual	12	Q 5 000,00	Q 60 000,00
	TOTAL				Q 60 000,00

Fuente: elaboración propia, con datos del Departamento de Finanzas de Polimarq.

En el presente cuadro se da a conocer toda la maquinaria y el equipo que se utilizará para la implementación del proyecto, con los precios detallados por unidad, ascendiendo esto a un costo total de Q 404 150,00, ver en anexos la maquinaria que se utilizará para la implementación del proyecto.

Los tipos de insumos que se utilizarán para la producción de poliducto en el proyecto son: colorante, pita, materiales de oficina, teléfono, agua, plástico HDP, para la elaboración de los diferentes tipos de manguera, anualmente, dando a conocer también los ingresos que tendrá el proyecto.

Los ingresos que tendrá el proyecto anualmente serán de Q 1 493 400,00, esto se debe a que tendrá una producción anualmente y venta de 22 800 rollos de poliducto.

Los costos variables de producción por un año en la fabricación de poliductos ascenderán a Q 330 960,00.

Los costos de nómina de pago de trabajadores y de comercialización anualmente serán de Q 344 400,00, mientras que los costos administrativos, la depreciación de la maquinaria y la inscripción en la SAT del proyecto, anualmente será de Q 73 883, 00.

Mencionando anteriormente todos los gastos que llevará producir los diferentes tipos de poliducto, se comprueba una utilidad neta de Q 690 477,83 teniendo una rentabilidad de 87 por ciento del proyecto (ver tabla IX).

En la tabla IX se puede notar que el préstamo será de Q 493 565,83 para poder realizar el proyecto de reciclado de plástico HDP y transformación de diferentes tipos de poliductos la tasa de interés se está proyectando en un 12 por ciento, para poder pagarlo en 5 años, ver anexo: Plan de amortización bancaria del proyecto.

Tabla IX. **Costos anuales de producción del proyecto**

o.	CONCEPTO	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
COSTO VARIABLE					Q 330 960,00
	Colorante	Bolsas	48	Q 700,00	Q 33 600,00
	Pita	Rollos	96	Q 160,00	Q 15 360,00
	Material de oficina	U	12	Q 1 500,00	Q 18 000,00
	Plástico HDP	Quintales	2 400	Q 100,00	Q 240 000,00
	Gastos varios	Mensual	12	Q 2 000,00	Q 24 000,00
COSTOS DE MANO DE OBRA					Q 344 400,00
	Mano de obra	Jornal		Q 27 500,00	Q 330 000,00
	Transporte	Transporte		Q 1 200,00	Q 14 400,00
COSTOS ADMINISTRATIVOS					Q 146 630,00
	Luz			Q 5 000,00	Q 60 000,00
	Teléfono			Q 200,00	Q 2 400,00
	Agua			Q 200,00	Q 2 400,00
	Depreciación			Q 404 150,00	Q 80 830,00
	Gastos de registro de inscripción		Q 1 000,00	Q 1 000,00	Q 1 000,00
TOTAL					Q 821 990,00
INGRESOS					
	Venta del producto	Rollos de poliducto	22 800,00	Q 66,15	Q 1 508 400,00

Fuente: elaboración propia, con datos del Departamento de Finanzas de Polimarq.

Tabla X. **Porcentajes en que se dividirá el préstamo para la realización del proyecto**

o.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PORCENTAJE DEL PROYECTO
	INFRAESTRUCTURA	Q 5 000,00	1 %
	EQUIPO	Q 419 150,00	84 %
	MANO DE OBRA	Q 28 700,00	6 %
	COSTOS ADMINISTRATIVOS	Q 13 135,83	3 %
	COSTO VARIABLE	Q 27 580,00	6 %
	TOTAL	Q 493 565,83	100,00 %

Fuente: elaboración propia, con datos del Departamento de Finanzas de Polimarq.

En la tabla XI se resume el plan de financiamiento y qué porcentaje del financiamiento se invertirá para cada rubro, para la transformación del plástico reciclado en poliducto.

Tabla XI. **Rentabilidad anual del proyecto**

RUBRO	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Ingresos	Q 1 508 400,00	Q 1 508 400,00	Q 1 508 400,00	Q 1 508 400,00	Q 1 508 400,00
Alquiler de local	Q 60 000,00	Q 60 000,00	Q 60 000,00	Q 60 000,00	Q 60 000,00
Costo variable	Q 330 960,00	Q 330 960,00	Q 330 960,00	Q 330 960,00	Q 330 960,00
Aporte a capital	Q 95 713,17	Q 95 713,17	Q 95 713,17	Q 95 713,17	Q 95 713,17
Intereses (12%)	Q 57 427,90	Q 45 942,32	Q 34 456,74	Q 22 971,16	Q 11 485,58
Mano de obra	Q 344 400,00	Q 344 400,00	Q 344 400,00	Q 344 400,00	Q 344 400,00
Costos de Administración	Q 146 630,00	Q 146 630,00	Q 146 630,00	Q 146 630,00	Q 146 630,00
Utilidad	Q 473 268,93	Q 484 754,51	Q 496 240,09	Q 507 725,67	Q 519 211,25
ISR (31%)	Q 146 713,37	Q 150 273,90	Q 153 834,43	Q 157 394,96	Q 160 955,49
Utilidad neta	Q 326 555,56	Q 334 480,61	Q 342 405,67	Q 350 330,72	Q 358 255,77
Rentabilidad	21,65 %	22,17 %	22,70 %	23,23 %	23,75 %

Fuente: elaboración propia, con datos del Departamento de Finanzas de Polimarq.

El ingreso que se tendrá cada año por la producción de 22 800 rollos de poliducto será de Q 1 508,400 el precio que se le dará por unidad será de Q 66,15 y el costo variable entre los producto que se elaborará será de Q 18,57 por unidad de poliducto producido.

7.2. Estudio costo beneficio.

Tomando en cuenta el rendimiento de la máquina secadora según el diseño.

- $17 \text{ minutos} \times 15 \text{ sacos de producción} = 255 \text{ minutos.}$
- $255 \text{ minutos} \div 8 \text{ minutos} = 32 \text{ rollos al día.}$
- $32 \text{ rollos al día} \times 28 \text{ días de producción} = 896 \text{ rollos mensuales.}$
- $896 \text{ rollos mensuales} \times 12 \text{ meses} = 10 752 \text{ rollos al año.}$
- Producción anual 22 800,00 rollos equivalente al 100 por ciento de la producción.
- Producción extra 10 752,00 rollos equivalentes al 47 por ciento de la producción anual.

Esto representará Q 711 352,32 más, a los Q 1 508 400,00 de la producción total anual, tomando en cuenta que el precio del rollo es de Q 66,15.

Tabla XII. **Costos y beneficios del proyecto**

Costos	Beneficios
Elementos de máquina Q 18 000,00	47 por ciento producción anual extra
Logística Q 5 000,00	10 750,00 rollos más producidos
Investigación Q 10 000,00	Precio unitario Q 66,15
Mano de obra Q 7 000,00	Q 711 352,32 ingreso total extra
Costo total Q 40 000,00	Q 199 676,59 Utilidad del 28 por ciento

Si se toma en cuenta que habrá una utilidad por la producción extra el costo de la máquina de Q 199 676,59 anual, en un mes la utilidad será de Q 16 639,71. Por lo que la inversión se recuperará antes del final del tercer mes de su puesta en funcionamiento, lo que justifica la inversión.

CONCLUSIONES

1. En la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala se debe implementar programas de diseño de máquinas, ya que esta área es la que más desarrolla y pone en práctica los conocimientos adquiridos durante la carrera.
2. En los trabajos de graduación, que deberían ser el legado del estudiante para la USAC, muchos lo toman únicamente como un requisito para graduarse cuando no se le debería ver desde esa perspectiva, sino la de contribuir y a apoyar a la sociedad con estudios novedosos.
3. Con el mejoramiento de la calidad del producto se adquieren clientes nuevos, se aumentará la producción y en cuanto a lo social, la empresa estará obligada a contratar más personal para el manejo del mayor volumen en la producción.
4. El apoyo al pequeño empresario debe ser el objetivo principal de los trabajos de graduación, ya que esto conlleva desarrollo y generación de empleo a lugares del país donde más se necesita.

RECOMENDACIONES

1. Aumentando el diámetro del cilindro de salida de la molienda plástica, podría aumentar en gran manera la producción, pero el diámetro de las resistencias de abrazadera aumentaría, con lo cual crece también el consumo energético.
2. Con el aumento del volumen de materia prima seca podría diversificarse la producción, fabricando, por ejemplo, accesorios como codos, tees, yees, en fin una serie de elementos que bien podrían expandir las fronteras de la empresa más allá de la producción de poliducto.
3. Mejorar la forma de lavado, porque significa una pérdida de tiempo muy grande en la empresa, así como la manera de clasificación de la materia prima, ya que también representa tiempo que se transforma en dinero perdido.

BIBLIOGRAFÍA

1. AVALLONE, Eugene. A, BAUMEISTER III, Theodore. *Manual del ingeniero mecánico*. 9a ed México: McGraw-Hill de México, 1997. 123 p.
2. BEER, Ferdinand. *Mecánica vectorial para ingenieros*. Estática. Madrid: McGraw-Hill, 2003. 128 p.
3. BOWLES, Joseph E. *Diseño de acero estructural*. México: Limusa, 1993. 75 p.
4. CARRANZA GUZMÁN, Lenin Rafael. *Programa de operación y mantenimiento de extrusoras para la manufactura de bobina plástica a base de polietileno*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánica. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 2004. 113 p.
5. DELMONTE, John. *Moldeo de plásticos*. 2a ed. Barcelona: José Monteso, 1967. 131 p.
6. GÓMEZ DOMÍNGUEZ, María del Carmen. *Uso de polímeros en la fabricación de productos plásticos*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánica. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 2008. 85 p.

7. IRVIN V, Rubin. *Materiales plásticos, propiedades y aplicaciones*. 4a ed. México: Limusa 2002. 46 p.
8. MORTON-JONES. *Procesamiento de plásticos: Inyección, moldeo, hule y PVC*. México: Limusa. 2007. 156 p.
9. Tempo Electric Heater Corporation. [en línea]. Catálogo.info@tempco.com. [Consulta: septiembre de 2013].
10. MARTIN, Raúl. Neumática industrial. Raul.martin@uca.es. [Consulta: septiembre de 2013].
11. Euskal. [en línea]. www.euskalnet.net/j.m.f.b./neumatica.htm. [Consulta: enero de 2014].
12. Festo. [en línea]. www.festo.com/centímetros/es-mx_mx/9509.htm. [Consulta: enero de 2014].
13. Plásticos más fáciles de reciclar. [en línea]. <[www.investigacionyciencia.es /...y.../plsticos-ms-fciles-de-reciclar-8278](http://www.investigacionyciencia.es/...y.../plsticos-ms-fciles-de-reciclar-8278)>. [Consulta: octubre de 2013].
14. Silse. [en línea]. <www.silse.com.ar/informacion/termocuplas.html>. [Consulta: marzo de 2013].

APÉNDICES

Apéndice 1. Maquinaria que se utilizara para la implementación del proyecto

EQUIPO Y MAQUINARIA A UTILIZAR POLIMARQ					
	Extractora para reciclado de plástico HDP de segunda	Unidad	1	Q.200,000.00	Q.200 000,00
	Molino para plástico	Unidad	1	Q.95,000.00	Q.95 000,00
	Jalador de poliducto	Unidad	1	Q.25,000.00	Q.25 000,00
	Secadora de plásticos	Unidad	1	Q.40 000,00	Q.40 000,00
	Compresor	Unidad	1	Q.1 800,00	Q.1 800,00
	Bomba de agua	Unidad	1	Q.1 300,00	Q.1 300,00
	Vehículo para el trasporte del producto de segundo uso	Unidad	1	Q.50 000,00	Q.50 000,00
EQUIPO DE COMPUTACIÓN					
	Computador	unidad	1	Q.4 500,00	Q.4 500,00
	Escritorio para PC	unidad	1	Q.1 200,00	Q.1 200,00
	Silla para escritorio	unidad	1	Q.350,00	Q.350,00
TOTAL					Q.419 150,00

Fuente. elaboración propia, con datos del Departamento de Finanzas de Polimarq.

Apéndice 2. **Plan de amortización bancaria del proyecto**

Financiamiento	Interés bancario	Total	Aporte a capital	Amortización bancaria	Saldo
Q.478 565,83	12%				
Q.478 565,83	Q.57 427,90	Q.535 993,73	Q.95 713,17	Q.153 141,07	Q.382 852,66
Q.382 852,66	Q.45 942,32	Q.428 794,98	Q.95 713,17	Q.141 655,49	Q.287 139,50
Q.287 139,50	Q.34 456,74	Q.321 596,24	Q.95 713,17	Q.130,169.91	Q.191 426,33
Q.191 426,33	Q.22 971,16	Q.214 397,49	Q.95 713,17	Q.118 684,33	Q.95 713,17
Q.95 713,17	Q.11 485,58	Q.107 198,75	Q.95 713,17	Q.107 198,75	Q.0,00

Fuente: elaboración propia, con datos del Departamento de Finanzas de Polimarq.