



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

**MONTAJE Y DISEÑO DE LA INSTALACIÓN DE UNA MÁQUINA SOPLADORA
PARA AUMENTAR LA EFICIENCIA EN UNA PLANTA DE MANUFACTURA DE
PLÁSTICO**

Wilmer Aldair Ojer Toyom

Asesorado por el Ing. Ernesto Daniel Alvarado Jiménez

Guatemala, febrero de 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**MONTAJE Y DISEÑO DE LA INSTALACIÓN DE UNA MÁQUINA SOPLADORA
PARA AUMENTAR LA EFICIENCIA EN UNA PLANTA DE MANUFACTURA DE
PLÁSTICO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

WILMER ALDAIR OJER TOYOM

ASESORADO POR EL ING. ERNESTO DANIEL ALVARADO JIMÉNEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, FEBRERO DE 2018

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:

MONTAJE Y DISEÑO DE LA INSTALACIÓN DE UNA MÁQUINA SOPLADORA PARA AUMENTAR LA EFICIENCIA EN UNA PLANTA DE MANUFACTURA DE PLÁSTICO

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha de febrero de 2017.

A handwritten signature in black ink, enclosed within a hand-drawn oval. The signature is stylized and appears to read 'Wilmer Aldair Ojer Toyom'.

Wilmer Aldair Ojer Toyom

Guatemala, 10 de octubre de 2017

Ing. José Francisco Gómez Rivera
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Por medio de la presente me dirijo a usted, para hacer de su conocimiento que como asesor he revisado el trabajo de graduación titulado: "MONTAJE Y DISEÑO DE LA INSTALACIÓN DE UNA MÁQUINA SOPLADORA PARA AUMENTAR LA EFICIENCIA EN UNA PLANTA DE MANUFACTURA DE PLÁSTICO" del estudiante Wilmer Aldair Ojer Toyom quien se identifica con carné número 2013 13975 de la carrera de Ingeniería Mecánica Industrial el cual encuentro satisfactorio, por lo que lo doy por aprobado.

Sin otro particular

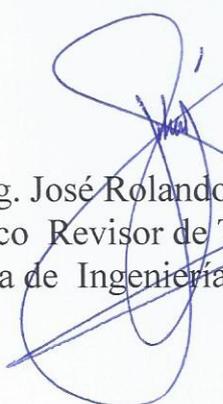
Ernesto Daniel Alvarado Jiménez
Ingeniero Mecánico Industrial

Ernesto Daniel Alvarado Jiménez
Ingeniero Mecánico Industrial
Colegiado No. 7995



Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **MONTAJE Y DISEÑO DE LA INSTALACIÓN DE UNA MÁQUINA SOPLADORA PARA AUMENTAR LA EFICIENCIA EN UNA PLANTA DE MANUFACTURA DE PLÁSTICO**, presentado por el estudiante universitario **Wilmer Aldair Ojer Toyom**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. José Rolando Chávez Salazar
Ingeniero Industrial
Colegiado No. 4,317

Ing. José Rolando Chávez Salazar
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, enero de 2018.

/mgp



REF.DIR.EMI.020.018

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **MONTAJE Y DISEÑO DE LA INSTALACIÓN DE UNA MÁQUINA SOPLADORA PARA AUMENTAR LA EFICIECIA EN UNA PLANTA DE MANUFACTURA DE PLÁSTICO**, presentado por el estudiante universitario **Wilmer Aldair Ojer Toyom**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Cesar Ernesto Urquizu Rodas
DIRECTOR a.i.
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, febrero de 2018.

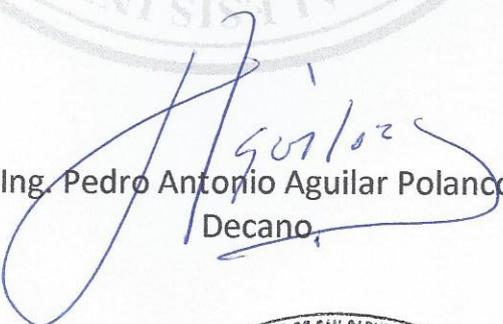
/mgp



DTG. 049.2018

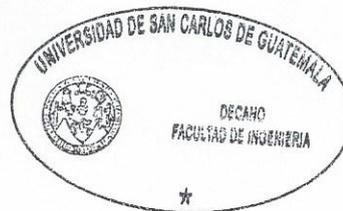
El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **MONTAJE Y DISEÑO DE LA INSTALACIÓN DE UNA MÁQUINA SOPLADORA PARA AUMENTAR LA EFICIENCIA EN UNA PLANTA DE MANUFACTURA DE PLÁSTICO**, presentado por el estudiante universitario: **Wilmer Aldair Ojer Toyom**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, febrero de 2018

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por ser quien guía mi vida y darme sabiduría ayer, hoy y siempre.
- Mis padres** Roberto Ojer, por darme la vida y, aunque ya no está con nosotros, le dedico este triunfo por la confianza que tuvo en mí, para cumplir este sueño que un día él empezó. Cristina Elena, por su gran amor, lucha, sacrificio y todo el apoyo económico, siendo mi mayor inspiración.
- Mis abuelos** Por sus bendiciones y cariño durante mi vida.
- Mis hermanos** Erwin Alexander y Edgar Mariano, por ser parte importante en mi vida, para quienes quiero ser un ejemplo de hermano.
- Mis tías y tíos** Hortensia y Guadalupe Toyom, Vicente Avila y Leonel Poroj, por su cariño y apoyo, en especial a mi tío Salvador, por el amor de padre que me ha dado.
- Mis primos** Soledad y Claudia Castro, Giovanni Brenes, Ingrid Avila, William y Juana Poroj, José Avila, Leslie Poroj, Deysi Avila, Johana y Jimena Brenes, por compartir este éxito en mi carrera profesional.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de
San Carlos de
Guatemala**

Por haberme albergado todos estos años, y por brindarme la oportunidad de formarme como profesional y pertenecer a tan prestigiosa casa de estudios.

Facultad de Ingeniería

Por brindarme todas las herramientas necesarias para desempeñarme como profesional.

Mi asesor

Ing. Ernesto Alvarado, por su valiosa colaboración en la asesoría, revisión y corrección del presente trabajo.

ÍNDICE GENERAL

| | |
|--|------|
| ÍNDICE DE ILUSTRACIONES | V |
| LISTA DE SÍMBOLOS | IX |
| GLOSARIO | XI |
| RESUMEN | XVII |
| OBJETIVOS..... | XIX |
| INTRODUCCIÓN | XXI |
| | |
| 1. ANTECEDENTES | 1 |
| 1.1. Situación actual de la empresa | 1 |
| 1.1.1. Historia | 1 |
| 1.1.2. Localización..... | 2 |
| 1.1.3. Misión | 3 |
| 1.1.4. Visión..... | 3 |
| 1.1.5. Propósito | 4 |
| 1.1.6. Valores | 4 |
| 1.1.7. Política de gestión de mejora | 5 |
| 1.1.8. Situación organizacional..... | 6 |
| 1.1.9. Productos | 14 |
| 1.1.10. Tipo de empresa..... | 21 |
| 1.1.11. Tipo de mercado..... | 21 |
| 1.2. Marco teórico | 23 |
| 1.2.1. Montaje de equipo | 24 |
| 1.2.2. Soplado | 25 |
| 1.2.3. Proceso de extrusión soplado | 26 |
| 1.2.4. Tipos de máquinas | 28 |

| | | |
|--------|---|-----|
| 2. | CONCEPTOS GENERALES | 29 |
| 2.1. | Análisis de factibilidad de la instalación | 29 |
| 2.1.1. | Descripción del proceso actual | 29 |
| 2.1.2. | Tipo de maquinaria con la que trabaja la planta..... | 30 |
| 2.1.3. | Especificaciones de la maquinaria actual..... | 32 |
| 2.2. | Generalidades de la máquina sopladora | 33 |
| 2.2.1. | Sistema de potencia hidráulica | 34 |
| 2.2.2. | Sistema neumático..... | 45 |
| 2.2.3. | Unidades de prensa | 58 |
| 2.2.4. | Unidad de extrusión | 63 |
| 3. | PROPUESTA DEL MONTAJE..... | 73 |
| 3.1. | Cimentación y anclaje necesario | 73 |
| 3.1.1. | Tipos de cimentación | 73 |
| 3.2. | Tipos de suelos recomendados | 78 |
| 3.2.1. | Método para reducción de vibraciones..... | 80 |
| 3.3. | Diseño de tuberías de aire comprimido | 82 |
| 3.3.1. | Demanda de la maquinaria nueva..... | 83 |
| 3.3.2. | Dimensiones y características de la tubería..... | 83 |
| 3.3.3. | Golpes de ariete y pérdidas de presión..... | 90 |
| 3.4. | Diseño de tuberías de agua..... | 98 |
| 3.4.1. | Demanda de la maquinaria nueva..... | 98 |
| 3.4.2. | Dimensiones y características de la tubería..... | 99 |
| 3.5. | Accesorios y equipo necesario para las instalaciones..... | 104 |
| 3.5.1. | Línea de aire comprimido..... | 104 |
| 3.5.2. | Instalaciones eléctricas | 109 |
| 4. | INSTALACIÓN DE LA MÁQUINA SOPLADORA..... | 117 |
| 4.1. | Traslado y desembalaje..... | 117 |

| | | |
|--------|--|-----|
| 4.1.1. | Ubicación de la máquina | 117 |
| 4.1.2. | Levantamiento de la máquina..... | 118 |
| 4.1.3. | Movimiento del equipo..... | 119 |
| 4.2. | Nivelación | 119 |
| 4.2.1. | Nivelación de la base del extrusor..... | 120 |
| 4.2.2. | Nivelación de la sección de la prensa..... | 121 |
| 4.3. | Conexión de servicios públicos..... | 123 |
| 4.3.1. | Servicios de aire | 124 |
| 4.3.2. | Tuberías de agua | 124 |
| 4.3.3. | Servicio eléctrico | 125 |
| 4.4. | Comprobaciones preliminares | 126 |
| 4.4.1. | Suministro de aire..... | 126 |
| 4.4.2. | Suministro eléctrico | 127 |
| 4.4.3. | Agua de enfriamiento..... | 127 |
| 4.4.4. | Aceite hidráulico | 128 |
| 4.5. | Equipo y herramientas necesarias para la instalación | 128 |
| 4.6. | Colores industriales para la tubería..... | 129 |
| 4.7. | Seguridad e higiene | 130 |
| 4.7.1. | Normas de seguridad e higiene..... | 130 |
| 4.7.2. | Señalización | 131 |
| 4.7.3. | Equipo de protección personal | 131 |
| 4.7.4. | Orden y limpieza..... | 132 |
| 4.8. | Costo del montaje e instalación | 132 |
| 4.8.1. | Costo de cimentación y anclaje | 132 |
| 4.8.2. | Costo de tuberías de aire comprimido y agua | 133 |
| 4.8.3. | Costo de accesorios neumáticos..... | 133 |
| 5. | MEJORA CONTINUA | 135 |
| 5.1. | Mantenimiento preventivo del sistema | 135 |

| | | |
|-----------------------|---|-----|
| 5.1.1. | Descripción del mantenimiento preventivo | 135 |
| 5.1.2. | Descripción de tareas..... | 135 |
| 5.2. | Verificación del mantenimiento preventivo | 136 |
| 5.2.1. | Check list de inspección visual..... | 137 |
| 5.2.2. | Órdenes de trabajo..... | 142 |
| 5.3. | Capacitación continua | 143 |
| CONCLUSIONES..... | | 145 |
| RECOMENDACIONES | | 147 |
| BIBLIOGRAFÍA..... | | 149 |

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

| | | |
|-----|--|----|
| 1. | Localización de la empresa..... | 2 |
| 2. | Organigrama empresarial..... | 8 |
| 3. | Cajas plásticas | 14 |
| 4. | Contenedores plásticos..... | 15 |
| 5. | Tapas termoformadas | 15 |
| 6. | Cubeta..... | 16 |
| 7. | Empaque flexible..... | 16 |
| 8. | Envases | 17 |
| 9. | Etiquetas | 18 |
| 10. | <i>Food Service</i> | 18 |
| 11. | Preformas PET..... | 19 |
| 12. | Resinas recicladas | 20 |
| 13. | Tapas | 20 |
| 14. | Clasificación de segmento de mercado | 23 |
| 15. | Proceso de extrusión-soplado..... | 27 |
| 16. | Proceso actual | 30 |
| 17. | Máquina Husky | 31 |
| 18. | Maquinaria Engel | 32 |
| 19. | Descripción de una máquina Uniloy Milacrón | 34 |
| 20. | Motor eléctrico trifásico | 35 |
| 21. | Fluido hidráulico de la bomba | 36 |
| 22. | Sistema de enfriamiento y filtración hidráulica separada | 37 |

| | | |
|-----|--|----|
| 23. | Válvulas de alivio de baja presión..... | 38 |
| 24. | Válvulas de dos vías de alta presión..... | 39 |
| 25. | Válvulas de seguridad hidráulica | 40 |
| 26. | Válvula proporcional de la prensa..... | 41 |
| 27. | Manómetros y termómetros | 42 |
| 28. | Intercambio de calor | 43 |
| 29. | Accionador giratorio | 44 |
| 30. | Válvula direccional de preacabado hidráulico | 45 |
| 31. | Filtros | 46 |
| 32. | Regulador de alta presión..... | 47 |
| 33. | Válvula de descarga de aire automática | 48 |
| 34. | Traba manual..... | 49 |
| 35. | Brazo oscilante | 50 |
| 36. | Válvula de los dedos del brazo oscilante | 51 |
| 37. | Válvula de control direccional del desprendedor | 52 |
| 38. | Válvulas de control de velocidad del desprendedor..... | 53 |
| 39. | Cilindro del desprendedor..... | 54 |
| 40. | Válvula de soplado..... | 55 |
| 41. | Válvula de presoplado | 56 |
| 42. | Válvula de escape..... | 57 |
| 43. | Válvula de accionamiento neumático..... | 58 |
| 44. | Unidad de prensa | 59 |
| 45. | Platina típica | 60 |
| 46. | Accionamiento giratorio | 61 |
| 47. | Sistema de enfriamiento del molde..... | 62 |
| 48. | Tolva..... | 63 |
| 49. | Imanes de retención | 64 |
| 50. | Bandas calefactoras | 66 |
| 51. | Sistema de refrigeración | 67 |

| | | |
|-----|--|-----|
| 52. | Acumulador | 68 |
| 53. | Válvula de desecho del acumulador | 69 |
| 54. | Válvula de cartucho..... | 70 |
| 55. | Válvula de desecho automática | 71 |
| 56. | Cimentación tipo bloque..... | 80 |
| 57. | Medidor de vibraciones | 82 |
| 58. | Formación de una bolsa líquida | 90 |
| 59. | Válvulas de purga para tuberías | 97 |
| 60. | Tapones de purga para tuberías | 98 |
| 61. | Filtro de aire con regulador de presión y vaso lubricador..... | 105 |
| 62. | Racores automáticos..... | 106 |
| 63. | Acoples rápidos..... | 107 |
| 64. | Manguera para aire comprimido | 109 |
| 65. | Puesta a tierra de cobre | 111 |
| 66. | Símbolo del interruptor diferencial..... | 113 |
| 67. | Interruptor diferencial | 113 |
| 68. | Pequeño interruptor automático | 114 |
| 69. | Layout de la propuesta del montaje | 115 |
| 70. | Base de nivelación se muestra (R 2000)..... | 120 |
| 71. | Nivelación de las partes delantera y trasera de la prensa..... | 121 |
| 72. | Nivelación lateral de la prensa | 122 |
| 73. | Ubicaciones de las conexiones estándar | 123 |
| 74. | Supervisión de mantenimiento | 143 |

TABLAS

| | | |
|------|--|----|
| I. | Perfil de puestos del jefe de departamento | 9 |
| II. | Perfil de puestos del supervisor..... | 10 |
| III. | Perfil de puestos del técnico mecánico | 12 |

| | | |
|--------|--|-----|
| IV. | Perfil de puestos del encargado de bodega de repuestos | 13 |
| V. | Los dos tipos de mercado | 21 |
| VI. | Perfil de consumidor | 22 |
| VII. | Detalles de una máquina de sopladros | 33 |
| VIII. | Características de la máquina Uniloy Milacrón | 34 |
| IX. | Tipos de suelos | 79 |
| X. | Capacidad de tubería para velocidades específicas | 84 |
| XI. | Características del hierro galvanizado | 85 |
| XII. | Propiedades del acero | 86 |
| XIII. | Propiedades del aluminio | 88 |
| XIV. | Comparación de materiales de tubería | 89 |
| XV. | Dimensiones de las tuberías | 100 |
| XVI. | Propiedades del cobre | 102 |
| XVII. | Valores de las propiedades mecánicas de acero inoxidable | 103 |
| XVIII. | Código de colores en tuberías | 129 |
| XIX. | Costos de cimentación y anclaje de la máquina sopladora | 133 |
| XX. | Costos de tuberías de aire comprimido y agua | 133 |
| XXI. | Costos de accesorios neumáticos para el montaje y anclaje de la máquina | 134 |
| XXII. | Resumen de costos | 134 |
| XXIII. | <i>Check list</i> de mantenimiento preventivo eléctrico | 138 |
| XXIV. | <i>Check list</i> de mantenimiento preventivo mecánico | 139 |
| XXV. | Orden de trabajo | 142 |

LISTA DE SÍMBOLOS

| Símbolo | Significado |
|------------------------------------|-----------------------------|
| A_{min} | Área de acero mínima |
| Az | Área de la zapata |
| c | Cohesión |
| kg | Kilogramo |
| kWh | Kilovatios por hora |
| KW | Kilowatts |
| % | Porcentaje |
| p | Presión total de sobrecarga |
| vpm | Vibraciones por minuto |
| V | Volumen |
| W | Watts |

GLOSARIO

| | |
|-----------------------------|---|
| Accionador giratorio | Utilizan el aire comprimido como fuente de energía y son muy indicados en el control de movimientos rápidos, pero de precisión limitada. |
| Aire comprimido | Aire que se toma del ambiente para incrementarlo a presión por la reducción de su volumen y transportarlo a través de tuberías hacia los distintos puntos de consumo de una planta industrial. Dicho proceso se alcanza a través de máquinas nombradas compresores. |
| Carga instalada | Capacidad nominal de todo el equipo eléctrico que se conecta a una acometida. |
| Caudal | Es la cantidad de líquido que circula, además los caudales se expresan en volúmenes por unidad de tiempo, por lo general en metros cúbicos por segundo y son variables en tiempo y espacio. |
| Cimentación | Estructura encargada de transmitir al terreno cada carga del edificio que llega a ella y la soporta. |
| Circuito | Lazo cerrado o camino por el cual fluye una corriente eléctrica o un flujo magnético. |

| | |
|----------------------|--|
| Conductores | Material que ofrece poca resistencia al movimiento de corriente eléctrica; los mejores conductores son los metales. Son desnudos o aislados. |
| Conectores | Dispositivos que se usan para efectuar la conexión eléctrica entre dos o más conductores eléctricos. |
| Corriente | Flujo de carga en unidad de tiempo que recorre un material. Se le denomina corriente o intensidad eléctrica. Esto se produce por un movimiento de electrones en el interior del material. Su unidad de medida es por amperios. |
| Cortocircuito | Sobreintensidad que se produce por un fallo de impedancia despreciable, en dos conductores activos que presentan una diferencia de potencial. |
| Densidad | Cantidad de masa que hay en un determinado volumen, sus dimensionales son (kg/m^3) o como la relación de la masa y volumen en una sustancia. |
| Embalaje | Proceso que reside en apretar el producto. Este proceso permite apilar y transportar con facilidad el material que se transportará. |
| Energía | Refiere la capacidad para realizar un trabajo o movimiento. |

| | |
|---|---|
| Energía eléctrica | Potencia integrada en el tiempo medida en kilovatio-hora. Actualmente en Guatemala para el usuario regulado el consumo al mes es menor a 100 kilovatios (kW), y para el usuario no regulado o gran usuario la demanda de potencia excede 100 kilovatios (kW). |
| Filtros de partículas y coalescentes | Se utilizan para la filtración de gases y la separación coalescente en plantas químicas y petroquímicas, en aplicaciones <i>offshore</i> y en centrales eléctricas. |
| Flujo másico | Velocidad a la que la masa de una sustancia pasa a través de una superficie dada. |
| Fuga | Escape o salida de gas o de cualquier líquido por un orificio o abertura, accidentalmente por defecto del componente o tubería. |
| Fusibles | Dispositivos que se usan para la protección de circuitos, de tal forma que se funden con el paso de corriente en exceso a su capacidad, esto mismo provoca la apertura del circuito. |
| Galvanizado | Proceso anticorrosivo en que un metal se recubre de otro. El galvanizado más común consiste en la inmersión del hierro en el zinc fundido, formando distintas capas de aleaciones de zinc-hierro de diferente composición y una capa exterior de zinc puro de gran resistencia a los diferentes agentes de corrosión de la atmósfera, el suelo o el agua. |

| | |
|------------------------|--|
| Golpe de ariete | Se produce una modificación de la presión en una conducción debida a la variación del estado dinámico del líquido. |
| Interruptor | Sistema o aparato de poder o corte, destinado a realizar la apertura y/o cierre de un circuito eléctrico, pudiendo ser unipolar, bipolar, tripolar o tetrapolar. |
| Pinzamiento | Plegar una cosa, realizando compresión utilizando una pinza. |
| Polipapel | Tipo de material que ayuda a conservar el calor, utilizado generalmente para alimentos, magnífico para envoltura de productos perecederos, fabricado con resina 100 % virgen de gran resistencia. |
| Purga | Parte integrante del adecuado funcionamiento del programa de tratamiento de agua de caldera que normalmente requiere monitorización continua para un control positivo y cotejo. A través de la purga se retira la mayoría del lodo, polvo, suciedad y otros materiales indeseables del calderón de la caldera. |
| Subpresiones | Presión que se manifiesta bajo un paramento de depósito o caja de canal cuando el agua que aquí existía se descarga con rapidez y no es debidamente acompañada por el avenamiento del manto libre exterior. |

Suelo

Superficie de material suelto de la corteza terrestre.

Zapatas

Son una clase de cimentación superficial, regularmente aislada que puede ser empleada en terrenos razonablemente homogéneos y de resistencia a compresión alta o media.

RESUMEN

La industria del plástico es una actividad económica sumamente importante para el desarrollo del país, por lo que es imprescindible contar con el equipo necesario y tecnológico para satisfacer la demanda del mercado y poder ser competitivos. Para la producción de estos materiales existen diferentes procesos, uno de ellos se denomina extrusión-soplado.

La empresa objeto de estudio es una manufacturera de plásticos de las más grandes e importantes del país, basa su actividad en transformación de resinas plásticas en productos especializados. Cuenta con seis plantas que se clasifican según el proceso utilizado y los productos fabricados.

En la planta de soplados se cuenta con 15 máquinas que trabajan con diferentes moldes a lo largo de las diferentes jornadas de trabajo y conforme pedidos. Una máquina sopladora está conformada por un sistema neumático, hidráulico, eléctrico y un sistema de control. También se compone de los sistemas de extrusión discontinua, de molde estacionario, accionados hidráulicamente, así como de un sistema de calefacción y un cabezal de extrusión con molde.

El presente trabajo de graduación muestra las especificaciones técnicas para llevar a cabo el montaje e instalación de los componentes que conforman una máquina de soplados, así como el diseño de las diferentes tuberías. El montaje se debe llevar a cabo por los técnicos capacitados que trabajan en la empresa y técnicos que proporciona el proveedor de la maquinaria.

OBJETIVOS

General

Montar y diseñar la instalación de una máquina sopladora para aumentar la eficiencia en una planta de manufactura de plásticos.

Específicos

1. Determinar los factores a tomar en cuenta para el montaje de una sopladora de plástico.
2. Determinar las especificaciones técnicas de diseño requeridas por la máquina.
3. Evaluar el área y la cimentación donde se montará la maquinaria.
4. Diseñar las tuberías para alimentar de aire comprimido la máquina en condiciones adecuadas.
5. Diseñar las tuberías para alimentar de agua la máquina en condiciones adecuadas.
6. Instalar los accesorios adecuados para asegurar el mayor rendimiento de la máquina.

7. Diseñar las instalaciones eléctricas de acuerdo a los requerimientos mínimos de la máquina.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la mayor parte de productos, empaques, envases y embalajes se fabrican de material plástico, debido a las ventajas que ofrecen sus propiedades mecánicas tales como la maleabilidad, rigidez y facilidad para procesar, así como su bajo costo.

La Comisión de Plásticos está conformada por 52 empresas fabricantes y exportadoras de artículos, así mismo, cuenta con la participación de empresas proveedoras de materia prima y proveedores de maquinaria utilizada en la industria. Debido al crecimiento que ha tenido la manufactura de plásticos en los últimos años, son necesarios los adelantos tecnológicos en la industria y los equipos para su procesamiento. La empresa en estudio se dedica a la manufactura de plásticos, transformando materia prima como resina en diferentes productos. Está conformada por varias plantas, una de ellas se divide en el área de soplado y en el área de inyectores.

Para aumentar la eficiencia en la planta se instalará una nueva máquina para extrusión-soplado que esté a la vanguardia de la tecnología, como también que sea fácil de operar, tanto mecánica como eléctrica y electrónicamente. En el siguiente trabajo de graduación se estudia una máquina de marca Uniloy® modelo UR-70, realizando el diseño del montaje e instalación de la misma.

1. ANTECEDENTES

1.1. Situación actual de la empresa

Esta industria manufacturera forma parte del grupo de empresas en la búsqueda de la excelencia, se dedica a la transformación de resina plástica en productos especializados, integra soluciones de empaque para la industria de bebidas, alimentos, restaurantes, químicos, farmacéuticos y hogar, con las siguientes líneas de productos: envases, preformas para envases, tapas, cubetas, cajas y cajillas, materias primas recicladas, entre otros, de esta manera mantiene el liderazgo en un mercado altamente exigente.

Cuenta con las plantas más innovadoras de producción de empaques, posee tecnología de punta y sistemas de administración de calidad y recurso humano comprometido para obtener la satisfacción de sus clientes, accionistas y empleados, haciendo sus productos verdaderamente confiables.

1.1.1. Historia

Fue fundada hace 4 décadas. En ese entonces estaba conformada únicamente por una planta industrial, al paso de los años y por medio de la confianza y preferencia de los clientes se fue expandiendo y en la actualidad cuenta con cuatro plantas diferentes. En cada una de ellas se realizan funciones específicas de acuerdo al tipo de producto, materia prima y maquinaria. En 30 años se ha logrado transformar 1 millón 200 mil toneladas de material.

En 1999 introduce la fabricación de depósitos rotomoldeados de polietileno, para el sector de vivienda e industria. En el 2004 implementa una línea de termoformado continuo para fabricación de tapas desechables para vasos de polipapel de bebida fría y caliente. En el 2008 introduce la fabricación de la pila plástica rotomoldeada de polietileno, y en 2010 se introduce el lavadero plástico rotomoldeado de polietileno. Mantiene un compromiso con el medio ambiente, por lo que se funda la primera planta industrial de reciclaje en Centro América, logrando recolectar en los últimos 3 años más de 14 mil contenedores de material ya utilizado.

1.1.2. Localización

Actualmente esta industria manufacturera se ubica en la zona 21, ciudad de Guatemala, Guatemala.

Figura 1. Localización de la empresa



Fuente: *Google Maps*. [google/maps.com](https://www.google.com/maps). Consulta: 4 de enero de 2017.

1.1.3. Misión

El objetivo de establecer una misión para la empresa es usarla como punto de referencia que sea accesible a todos los integrantes de esta y que procedan en función de la misma, es decir, lograr que se constituyan objetivos, diseñar estrategias, tomar decisiones y ejecutar tareas, bajo la guía de la misión establecida para la empresa, logrando así coherencia y organización.¹ La misión de la empresa es la siguiente: “proveemos respuestas de empaque a nivel nacional, mediante la tecnología más avanzada y personal altamente competitivo, satisfaciendo las necesidades de nuestros clientes, inversionistas y colaboradores”².

1.1.4. Visión

La visión de una empresa es una declaración que señala adonde se dirige la empresa a largo plazo o qué es en lo que pretende transformarse. El fin primordial de crear la visión de una organización es que sirva como guía que acceda a enfocar el trabajo de todos los miembros de la organización hacia una sola dirección, es decir, lograr que se establezcan objetivos, tomen decisiones, diseñen estrategias y ejecuten tareas bajo la guía de la visión establecida, alcanzando así orden y coherencia³ La visión de la organización es la siguiente:

“Ser el proveedor más confiable e innovador de empaques”⁴.

¹ ZAPATA, Óscar. *Herramientas para elaborar tesis e investigaciones*. p. 28.

² *Ibíd.*

³ ECO, Umberto. *Cómo se hace una tesis*. p. 67.

⁴ *Ibíd.*

1.1.5. Propósito

El objetivo del propósito estratégico adolece del mismo problema que el de la visión: en cuanto el empuje alcanza la meta, la empresa puede perder el rumbo. El problema que se presenta en las metas y objetivos es que deben volver a formularse una vez logradas, en cambio el propósito tiene la ventaja de ser duradero.⁵ El propósito en este caso es: “agregar valor a las marcas de nuestros clientes con soluciones de empaques confiables, innovadores y amigables con el ambiente”⁶.

1.1.6. Valores

Los valores de las empresas son las creencias y principios morales que sustentan la cultura de la empresa misma, también son principios esenciales que han de orientar el desarrollo estratégico, además de ser los conocimientos y expectativas que describen cómo se comportan los trabajadores de la organización y en qué se basan las relaciones profesionales.⁷ Los valores de la empresa son los siguientes:

- “Compromiso: actuamos de forma correcta para cumplir con nuestros objetivos y los de la empresa.
- Confianza: generamos una relación de confianza con los proveedores, clientes y personal.
- Integridad: cumplimos de la mejor manera lo que prometemos y actuamos con rectitud”⁸.

⁵ ECO, Umberto. *Cómo se hace una tesis*. p. 87.

⁶ *Ibíd.*

⁷ ZAPATA, Óscar. *Herramientas para elaborar tesis e investigaciones*. p. 45

⁸ *Ibíd.*

1.1.7. Política de gestión de mejora

Esta política permite identificar, entender y gestionar los procesos conectados como un sistema, de igual forma ayuda a la eficacia y eficiencia de la empresa en el logro de los objetivos planteados.⁹ La política de gestión de mejora de la empresa es la siguiente: “debemos buscar continuamente la excelencia en el negocio de empaques. Utilizando sistemas de gestión eficaces de calidad, inocuidad, salud y seguridad ocupacional, medio ambiente y responsabilidad social, con recurso humano altamente competente y comunicación efectiva, para obtener la confianza y la satisfacción de nuestros clientes y de las partes interesadas, respetando el marco legal y cumpliendo los compromisos acordados”¹⁰.

Además es importante tomar en cuenta estos aspectos:

- “Calidad e inocuidad: la inocuidad de nuestros empaques y cumplimiento con la calidad acordada.
- Salud y seguridad ocupacional: prevenir, controlar y eliminar los riesgos para nuestros colaboradores.
- Medio ambiente: prevenir, minimizar y controlar los riesgos de impacto ambiental y fomentar las 3R's (reducir, reutilizar y reciclar).
- Responsabilidad social: cumplir y fomentar los principios de responsabilidad social por medio de la transparencia y comportamiento honesto y ético, cumpliendo nuestros valores de compromiso, integridad y confianza”¹¹.

⁹ ECO, Umberto. *Cómo se hace una tesis*. p. 119

¹⁰ *Ibíd.*

¹¹ *Ibíd.*

1.1.8. Situación organizacional

La empresa está conformada por cuatro plantas industriales, la estructura organizacional de cada una de ellas es similar, para efectos del presente estudio se presenta la distribución de los niveles jerárquicos de la planta de inyectores, esta a su vez se divide en el área de sopladors y área de inyección.

1.1.8.1. Organigrama

Cada departamento está representado por un ramal y tiene a su cargo tareas y responsabilidades específicas. El gerente de planta es el responsable de la administración de todos los departamentos que conforman una organización, es decir, la mayor autoridad, por encima de él se encuentran directores corporativos y por encima de estos directores está el máximo responsable de la empresa, que es el presidente.

El jefe de producciones es el responsable de todas las actividades operativas de una planta, es decir, es el responsable de cumplir con los requerimientos de fabricación de un producto que a la planta le demanden sus clientes. Para el jefe de mantenimiento las funciones son las de controlar la ejecución de las actividades de mantenimiento y reparaciones en dependencias de la institución, distribuyendo, coordinando y supervisando los trabajos del personal bajo su cargo, para garantizar el buen funcionamiento y conservación de los bienes muebles e inmuebles. El gerente de calidad es el encargado de asegurar que se establezcan y mantengan los procesos necesarios para el sistema de gestión de la calidad e inocuidad, así como garantizar el cumplimiento de las metas programadas para el sistema de calidad e inocuidad. También debe ejecutar y llevar el seguimiento a los aspectos ambientales y programas de gestión ambiental de la empresa.

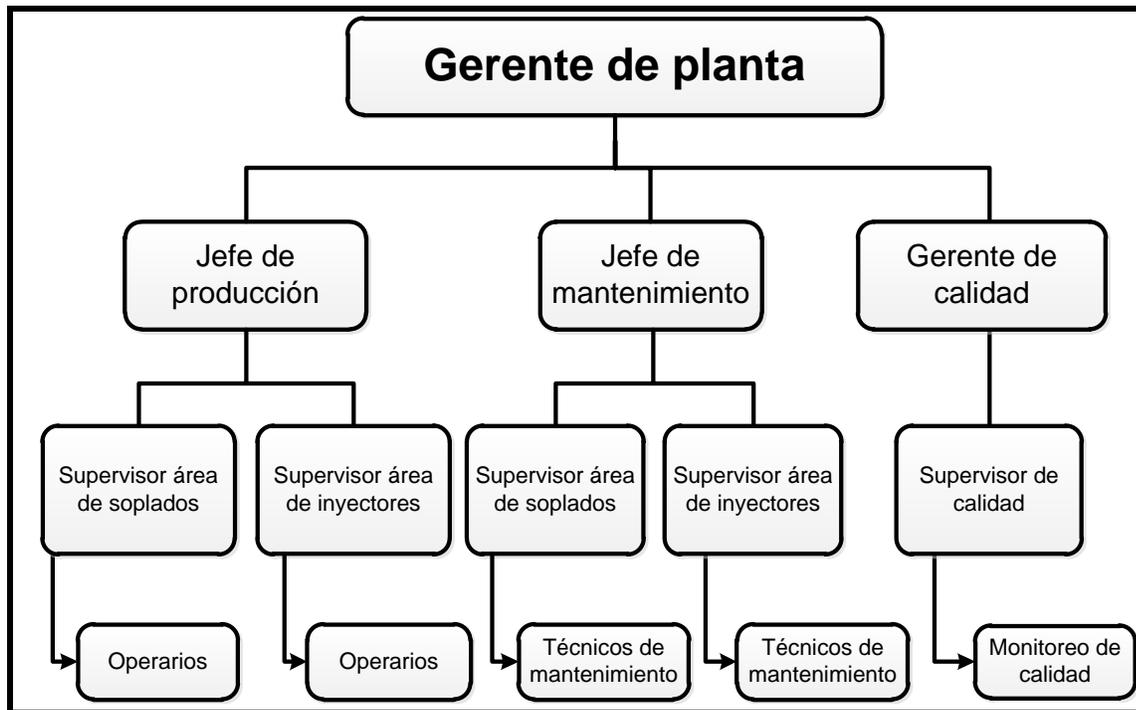
El supervisor de calidad verifica el cumplimiento de las buenas prácticas de manufactura en toda la planta, tanto a nivel de los productos fabricados, como a nivel del funcionamiento de las áreas de producción. Además, debe garantizar la realización de las pruebas necesarias para verificar la conformidad de los productos, así como realizar las mediciones en los equipos que requieren alto grado de competencia.

Supervisores de producción son los que se encargan de la coordinación de todo el personal que labora en una empresa. Deben aprovechar de la mejor forma posible los recursos humanos, materiales, técnicos y todos los que la empresa facilite, siendo un aspecto crítico de su gestión, para que de esta manera se realice de la mejor forma posible, es decir, mejorando continuamente todos los procesos del trabajo.

Un operador de producción para el desarrollo de su trabajo debe saber interpretar planos, gráficos y entender los planes de producción. Se requiere que en todo momento el operario tenga conciencia del tipo de producto y las especificaciones del mismo que el cliente ha indicado; incluso si está fabricando varios productos a la vez. Si tiene más de un producto, debe comprender cada uno en plenitud. También debe probar la calidad de los productos y observar si cumplen con las especificaciones.

Los técnicos de mantenimiento son los responsables de revisar diariamente la instalación asignada en su turno. Deben reparar las fallas de la maquinaria y entregar el informe de lo realizado al supervisor de mantenimiento. Debe mantener de forma adecuada los equipos de trabajo.

Figura 2. Organigrama empresarial



Fuente: elaboración propia.

1.1.8.2. Personal laboral

Esta empresa está conformada por personal altamente capacitado y comprometido, con el fin de alcanzar los objetivos propios y de la empresa. El recurso humano es considerado uno de los pilares principales para la excelencia empresarial, por tal motivo se reconoce el valor de este recurso.

Esta empresa concibe a la persona como tal y trata de responder a los requerimientos físicos, psicológicos y económicos. La planta de inyectores, en el área de soplado e inyección, tiene dividido al personal de la siguiente manera: personal administrativo y operativo.

1.1.8.2.1. Administrativo

El personal administrativo tiene un total aproximado de 150 colaboradores, los cuales están distribuidos de la siguiente manera en cada uno de los diferentes departamentos:

- Ventas, despacho y bodega: 95 empleados
- Jefes de departamentos: 15 empleados
- Personal de mantenimiento y sanidad: 40 empleados

A continuación se presentarán los perfiles de puesto de los altos mandos, en la página 10 se describe a través de una tabla el perfil de puesto del jefe de departamento, y en la página 11 se describe el perfil de puestos del supervisor.

Tabla I. **Perfil de puestos del jefe de departamento**

| Puesto: jefe de departamento | |
|--|--|
| Información general | |
| <ul style="list-style-type: none">• Área: Gerencia• Jefe inmediato: gerente de planta• Reportar a: gerente general• Subordinados: sí• Número de empleados en este puesto: 1• Jornada laboral: lunes a jueves de 8:00 – 17:00 horas y viernes de 8:00 - 16:00 horas. | |
| Información del puesto | |
| Es el encargado de que todo el departamento esté cumpliendo con los objetivos trazados semanal, mensual y anualmente. | |
| Descripciones específicas | |
| Supervisar los trabajos que realiza por los operarios y maquinaria. Asistir a reuniones de trabajo semanalmente para planear nuevas actividades. Eventualmente asistir a cursos de capacitación. | |

Continuación de la tabla I.

| Requerimientos para ocupar el puesto |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Sexo: masculino • Edad: 30 años en adelante • Estado civil: indistinto • Otras: responsable, proactivo, cumplir metas |
| Habilidades manuales en: el manejo de equipo mecánico |
| Habilidades físicas: indistinto |
| Habilidades intelectuales |
| <ul style="list-style-type: none"> • Coordinar grupo de trabajo • Conocimientos de computación (Excel, Word, entre otros.) • Una excelente creatividad para crear nuevos proyectos |
| Experiencia laboral requerida |
| <ul style="list-style-type: none"> • Manejo de personal • Administración de planta • Trabajar bajo presión |
| <i>Pensum</i> cerrado como mínimo en Ingeniería Mecánica o Mecánica Industrial |
| Ubicación del puesto: dentro de las instalaciones de la planta eventualmente será necesario salir a supervisar al personal |

Fuente: elaboración propia.

Tabla II. **Perfil de puestos del supervisor**

| Puesto: supervisor |
|---|
| Información general |
| <ul style="list-style-type: none"> • Área o departamento: planta • Jefe inmediato: jefe de planta • Reporta además a: supervisor general • Número de empleados en este puesto: 1 • Jornada laboral: lunes a viernes de 7 a 17hrs y sábado de 7 a 12 hrs. |
| Información del puesto |
| Es la persona encargada de realizar los horarios de mano de obra, verificar costos de repuestos en que se incurre en las reparaciones y mantenimiento de la maquinaria pesada. Además debe efectuar los cálculos por concepto de arrendamiento y traslado de la maquinaria pesada. |
| Descripciones específicas |
| Ingresar datos de trabajo de maquinaria pesada, así como atender a los proveedores para los repuestos. Lleva estadísticas de los trabajos efectuados por la maquinaria pesada y solicita materiales a departamento de compras. |

Continuación de la tabla II.

| | |
|--|--|
| Requerimientos para ocupar el puesto | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Sexo: masculino • Edad: 25 a 40 años • Estado civil: indistinto • Otras: responsable, con deseos de superación y ordenado | |
| Habilidades manuales en | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Manejo de paquetes de computación • Manejo del equipo de cómputo • Manejo de sumadora y calculadora | |
| Habilidades intelectuales | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Saber tratar con las demás personas • Comportarse de manera atenta | |
| Experiencia previa laboral requerida | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Actividades financieras • Elaboración de planillas • Conocimientos de mecánica industrial | |
| Experiencia laboral requerida | Preparación académica |
| <ul style="list-style-type: none"> • Manejo de personal • Administración de planta • Trabajar bajo presión | <i>Pensum</i> cerrado como mínimo en Ingeniería Mecánica o Mecánica Industrial |
| Ubicación del puesto: dentro de las oficinas de la empresa | |

Fuente: elaboración propia.

1.1.8.2.2. Operativo

El total del personal operativo es de 100 colaboradores. En el área operativa se analiza el perfil de técnico mecánico y el encargado de bodega de repuestos en la planta de sopladors. A continuación se muestra el perfil de puesto del técnico mecánico, en la página 13, y de igual forma se presenta a través de una tabla el perfil de puesto del encargado de bodega de repuestos, en la página 14, describiendo la información general del puesto, los requisitos para ocuparlo, y las habilidades técnicas, manuales e intelectuales que la persona deben poseer para desempeñar el papel dentro de la planta.

Tabla III. **Perfil de puestos del técnico mecánico**

| Puesto: técnico mecánico | |
|---|--|
| Información general | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Área o departamento: taller mecánico • Mantiene contacto con: bodeguero y ayudantes de mecánico • Subordinados: ayudante • Número de empleados en este puesto: 15 • Jornada laboral: turnos rotativos | |
| Descripción genérica del puesto | |
| Personal encargado de la reparación y mantenimiento de toda la maquinaria de la planta, siendo los responsables indirectos de que el departamento de producción cumpla con la demanda. | |
| Descripciones específicas | |
| Buscar repuestos necesarios en bodegas. Reparación de cualquier daño leve o grave que sufre la maquinaria. Realizar mantenimiento preventivo según la programación del supervisor. | |
| Requerimientos para ocupar el puesto | |
| Características personales necesarias: <ul style="list-style-type: none"> • Sexo: masculino • Edad: 18 a 45 años • Estado civil: indistinto • Otras: responsable, ordenado y con iniciativa | |
| Habilidades manuales en | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Manejo de las herramientas de trabajo • Manejo del equipo industrial • Manejo de vehículos y maquinaria | |
| Habilidades Físicas | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Levantar objetos pesados • Condición para subir y bajar escaleras • Estar de pie gran parte del día | |
| Experiencia previa laboral requerida | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Mecánica básica • Hidráulica • Transmisiones • Maquinaria pesada | |
| Preparación académica | |
| Técnico en mecánica o especialización técnica. | |
| Ubicación del puesto | |
| Dentro de la planta | |

Fuente: elaboración propia.

Tabla IV. **Perfil de puestos del encargado de bodega de repuestos**

| Puesto: encargado de bodega de repuestos | |
|---|--|
| Información general | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Área o departamento: bodega de repuestos y materiales • Jefe inmediato: jefe de taller • Reporta además a: ninguno • Jornada laboral: lunes a viernes de 6 a 18 hrs. y sábado de 6 a 14 hrs • Se realizan turnos para trabajar los domingos de 6 a 13 hrs | |
| Descripción genérica del puesto | |
| Es la persona encargada de solicitar repuestos y materiales que se necesitan para las reparaciones. También debe llevar el control de inventarios y asignar responsabilidades a los auxiliares de bodega. | |
| Descripciones específicas | |
| Llevar de forma manual el inventario para la comparación con las existencias que se tienen en el sistema de cómputo. Acomodar los repuestos y materiales y atender a los clientes de bodega cuando hay mucha demanda. | |
| Requerimientos para ocupar el puesto | |
| Características personales necesarias: <ul style="list-style-type: none"> • Sexo: masculino • Edad: 18 a 45 años • Estado civil: indistinto • Otras: responsable, ordenado y con deseos de superación | |
| Habilidades manuales en | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Manejo de las herramientas de trabajo • Manejo del equipo de cómputo • Manejo de sumadora y calculadora | |
| Habilidades Físicas | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Levantar mercancía pesada • Condición para subir y bajar escaleras | |
| Habilidades Intelectuales | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Saber tratar con la gente • Comportarse de manera atenta • Manejo de personal • Conocimientos de mecánica | |
| Experiencia previa laboral requerida | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Actividades de la bodega | |
| Preparación académica | |
| Diversificado o técnico en mecánica o especialización técnica. | |
| Ubicación del puesto | |
| Dentro de la planta | |

Fuente: elaboración propia.

1.1.9. Productos

En la empresa se trabaja con diferentes líneas de productos que se clasifican en cajas plásticas, contenedores plásticos, tapas termoformadas, cubetas plásticas, empaque flexible, envases, etiquetas, *food service*, preformas PET, resinas recicladas y, por último, las tapas. Se describen a continuación:

- Cajas plásticas: son un tipo de embalaje cuya principal función es transportar o almacenar diferentes productos. Entre los diferentes tipos de cajas plásticas se pueden mencionar las siguientes.
 - Cajillas para botellas
 - Cajas de transporte
 - Cajas ordenadoras
 - Cajas agrícolas

Figura 3. Cajas plásticas



Fuente: *Imágenes google*. www.google/imagenes.com. Consulta: 4 de enero de 2017.

- Contenedores plásticos: se fabrican en gran variedad de medidas y formas, sus utilidades son casi infinitas, se los puede utilizar tanto para almacenar comida como para guardar repuestos de autos.

Figura 4. **Contenedores plásticos**



Fuente: *Imágenes google*. [www.google/imagenes.com](http://www.google.com/imagenes). Consulta: 4 de enero de 2017.

- Tapas termoformadas: son el complemento para el vaso tipo polipapel, entre sus dimensiones más comunes se pueden mencionar las de diámetro de 69 mm y altura de 0,8 mm.

Figura 5. **Tapas termoformadas**



Fuente: *Imágenes google*. [www.google/imagenes.com](http://www.google.com/imagenes). Consulta: 4 de enero de 2017.

- Cubetas plásticas: son recipientes abiertos, generalmente, tienen forma de cono truncado, que es utilizado para transportar líquidos.

Figura 6. **Cubeta**



Fuente: *Imágenes google*. www.google.com/imagenes.com. Consulta: 4 de enero de 2017.

- Empaque flexible: es el que se utiliza en la industria de bebidas, alimentos, lácteos, farmacéutica, restaurantes, cuidado personal y cuidado para el hogar e industria en general.

Figura 7. **Empaque flexible**



Fuente: *Imágenes google*. www.google.com/imagenes.com. Consulta: 4 de enero de 2017.

- Envases: son fabricados para la comercialización de líquidos en productos como lácteos, bebidas o productos para el hogar. También se emplean para el transporte de productos como vitaminas o medicinas. Su gran demanda se debe al bajo precio con respecto a los envases de vidrios. Dependiendo de la materia prima utilizada se pueden mencionar:
 - Envases de polietileno
 - Envases de policarbonato
 - Envases PET
 - Envases industriales

Figura 8. **Envases**



Fuente: *Imágenes google*. www.google.com/imagenes.com. Consulta: 4 de enero de 2017.

- Etiquetas: se utilizan para identificar, clasificar y valorar un producto por medio de una marca, rótulo o marbete. Se fabrica amplia variedad de etiquetas para la industria de bebidas, como cerveza, jugos, refrescos, bebidas isotónicas, agua pura o lácteos, también para la industria de alimentos, para frijoles y otro tipo de conservas.

Figura 9. **Etiquetas**



Fuente: *Imágenes google*. [www.google/imagenes.com](http://www.google.com/imagenes.com). Consulta: 4 de enero de 2017.

- *Food service*: provee productos a los establecimientos que preparan y suministran alimentos, en especial de comida rápida.
 - Vasos de polipapel
 - Bandejas y cajas

Figura 10. **Food Service**



Fuente: *Imágenes google*. [www.google/imagenes.com](http://www.google.com/imagenes.com). Consulta: 4 de enero de 2017.

- Preformas PET: se usan para hacer recipientes para bebidas suaves, jugos, agua, bebidas alcohólicas, aceites comestibles, limpiadores caseros y otros.

Figura 11. **Preformas PET**



Fuente: *Imágenes google*. [www.google/imagenes.com](http://www.google.com/imagenes.com). Consulta: 4 de enero de 2017.

- Resinas recicladas se clasifican de la siguiente manera:
 - Polietileno de alta densidad inyectado
 - Polietileno de alta densidad soplado
 - Polietileno de baja densidad
 - Polipropileno
 - Policarbonato

Figura 12. **Resinas recicladas**



Fuente: *Imágenes google*. www.google.com/imagenes.com. Consulta: 4 de enero de 2017.

- Tapas: tienen una extensa aplicación en envases de boca ancha y en botellas. En su parte superior pueden ser lisas o frecuentemente llevan un grabado realzado. Se clasifican según su utilidad en:
 - 28 Mm
 - Sport Cap
 - 38 Mm
 - Tapas garrafón

Figura 13. **Tapas**



Fuente: *Imágenes google*. www.google.com/imagenes.com. Consulta: 4 de enero de 2017.

1.1.10. Tipo de empresa

Este estudio se ocupa de una empresa multinacional, regional y local, para el caso particular de Guatemala es una empresa local, su ámbito de acción está concentrado en la ciudad y cuenta con una planta de producción de plástico ubicada en la ciudad de Guatemala, zona 21. También tiene presencia en 20 países y está integrada por aproximadamente 50 000 colaboradores, haciéndola una empresa multinacional de las más rentables. Se exporta a toda el área centroamericana y al Caribe, donde ya se vende a República Dominicana. Por otra parte, se exporta a Europa, principalmente a Francia, y se busca abrir las puertas para Estados Unidos.

1.1.11. Tipo de mercado

En Guatemala la industria de plástico se inició en el mercado local en forma comercial, por la fabricación de productos de uso doméstico dentro del mercado de consumo. Pero este sector cobró mayor apogeo con la introducción del plástico en el ámbito industrial en 1975, esto porque aumentó la demanda de los productos y se utilizaba a un nivel más alto. A continuación se presentan, a través de una tabla, los dos tipos de mercado:

Tabla V. Los dos tipos de mercado

| Tipo de mercado | Concepto | Características |
|--------------------|--|---|
| Mercado de consumo | Son aquellos en los que se realizan las transacciones de compra y venta de un bien o servicio directamente con los clientes. | Está integrado por individuos o familias. Mayor actividad de mercadotecnia. Menor monto en cada compra. |
| Mercado local | Lugar para comprar los bienes y servicios producidos localmente. | Se debe saber quién va a comprar el producto, dónde se encuentra y hasta dónde va a viajar para obtenerse. |

Fuente: elaboración propia.

1.1.11.1. Perfil del consumidor

Para efectos del presente estudio se analizará el perfil del consumidor y segmento de mercado orientado hacia los productos que se fabrican en la línea de cajas plásticas. Se analizará el perfil del consumidor tomando en cuenta aspectos sociales, culturales y económicos. En la siguiente tabla se muestra el perfil del consumidor:

Tabla VI. Perfil de consumidor

| Criterio | Características |
|--------------------|---|
| Tipo de consumidor | Empresas dedicadas al empaque y embalaje, consumo doméstico, así como embotelladoras. |
| Ingreso económico | Q 7 000,00 en adelante |
| Ubicación | Guatemala y Centro América |
| Género | Indiferente |
| Origen étnico | Indiferente |

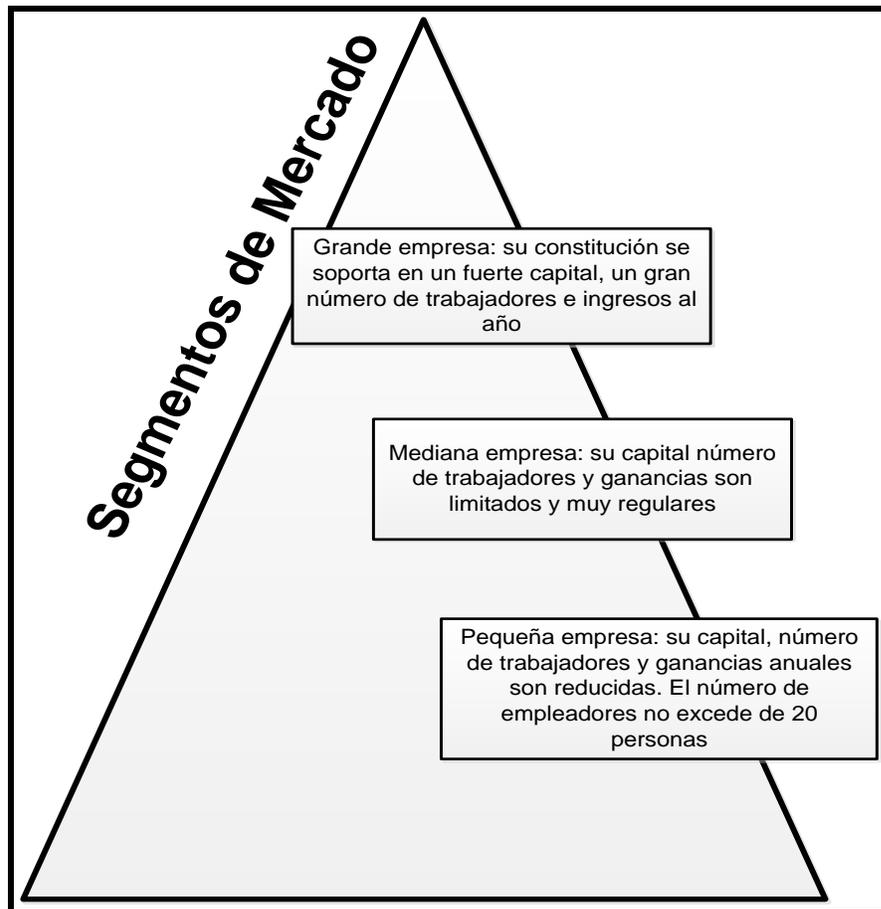
Fuente: elaboración propia.

1.1.11.2. Segmento de mercado

El segmento de mercado para los productos de la línea de cajas está definido por el tamaño de las empresas de Guatemala y Centroamérica, el cual es el mercado objetivo en el que se desea posicionar la diversidad de productos. Este segmento se clasifica como se muestra en la siguiente figura.

Para la empresa el mercado objetivo está constituido por las medianas y grandes empresas, por lo que en ello basa sus esfuerzos de publicidad y posicionamiento de la marca.

Figura 14. Clasificación de segmento de mercado



Fuente: elaboración propia.

1.2. Marco teórico

En los siguientes apartados se desarrollarán los temas del proceso de montaje de equipo, soplado y las técnicas de soplado; asimismo se desarrollará el proceso de extrusión-soplado, extrusión-soplado continuo, extrusión intermitente y, por último, la descripción de los tipos de máquina.

1.2.1. Montaje de equipo

Se define como el proceso en el cual se emplazan elementos en una posición definitiva dentro de un mecanismo o en una posición física estática. Estos elementos pueden ser mecánicos, hidráulicos, neumáticos y eléctricos, el término montaje también hace referencia a la interpretación de planos, esquemas y documentación técnica, así como a la comprobación del funcionamiento y corrección de sus posibles defectos. Existen tres normas esenciales que se deben considerar al momento de realizar un montaje industrial:

- En ningún caso debe ser montado un elemento neumático que no entre en su alojamiento con el ajuste solicitado. En los casos en que se necesiten encajes forzados según especificaciones, se llevan a cabo mediante el uso de medios adecuados que sometan al elemento a sollicitaciones continuas, nunca con golpes.
- Se deben usar las herramientas apropiadas: en mecánica industrial existe una herramienta para cada función. En caso de que exista una urgencia y no se tenga la herramienta adecuada se debe usar la que más brinde un funcionamiento. En ningún caso se utilizan herramientas en mal estado que marquen o rallen los elementos a montar.
- Se deben usar los lubricantes y grasas adecuadas: en todo momento se han de respetar las indicaciones de los fabricantes en cuanto a características de las grasas y lubricantes.

1.2.2. Soplado

El soplado de plástico es un proceso utilizado en la fabricación de productos u objetos huecos de material termoplástico con posibilidad de tener paredes con curvas entrantes y salientes, sin necesidad de tener que unir dos o más partes moldeadas separadamente. Actualmente es el tercer método más empleado en la fabricación de plástico. Existen diferentes procesos de soplado, sin embargo, todos tienen en común la producción de un precursor generalmente llamado preforma. Su colocación en un molde hembra cerrado y la acción de soplarlo con aire comprimido para expandir el plástico fundido contra la superficie del molde crea el producto final. Las diferencias entre las técnicas de soplado se encuentran en la forma de obtener el precursor o preforma, ya sea por inyección o extrusión.

Las máquinas de extrusión-soplado comenzaron a funcionar y desarrollarse en Alemania a mediados de la década de 1950, por lo que en la actualidad es allí donde se encuentran gran cantidad de fabricantes a nivel mundial. Durante sus inicios se empleó solamente para la producción de botellas y botes, pero con los avances en tecnología este proceso permite la producción de envases con asa o agarradores, piezas de geometrías complejas e irregulares, grosores de paredes variables, diseños más planos, entre otros.

1.2.2.1. Técnicas de soplado

Las técnicas de soplado consisten en dos grupos: el moldeo por extrusión-soplado y el moldeo por inyección-soplado. A continuación se describen las dos técnicas mencionadas:

- Moldeo por extrusión soplado: la extrusora plastifica y empuja al polímero dentro de la cabeza, para formar una preforma, una vez formado este último entra en el molde y posteriormente se produce el soplado sobre las paredes del molde.
- Moldeo por inyección soplado: comienza con la inyección del polímero para formar una preforma, la cual posteriormente se calienta y sopla dentro de un molde para obtener la forma final.

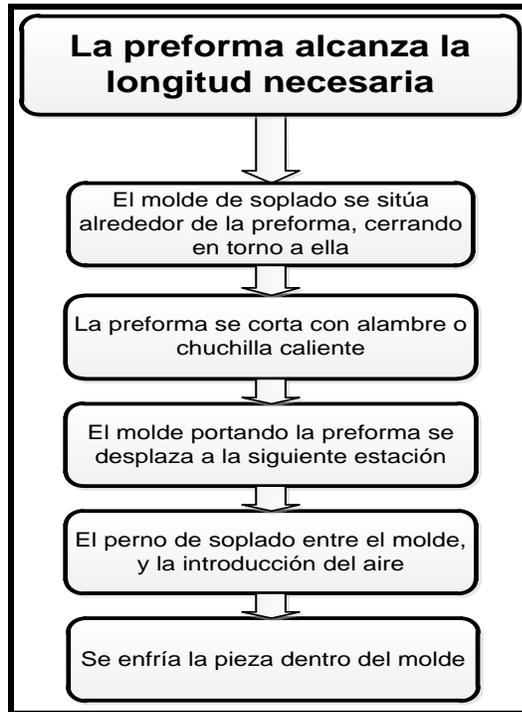
1.2.3. Proceso de extrusión soplado

El proceso de extrusión es de los métodos más antiguos pero de los más versátiles. La extrusión permite una gran variedad de formas. Es posible producir envases con asa incorporada que se sopla conjuntamente con el cuerpo del envase mediante un pinzamiento parcial de la preforma. Entre las ventajas de producir el elemento tubular a partir del que se forma el cuerpo hueco está que permite un mejor aprovechamiento de las posibilidades de los materiales multicapa, lo que significa que se consiguen envases en que la pared está compuesta por capas de distintos materiales que otorgan las características mecánicas o coloración. Así mismo, es el principal sistema para la fabricación de envases con plásticos biodegradables, que pueden ser la respuesta de la industria a los problemas de residuos sólidos urbanos.

1.2.3.1. Extrusión-soplado continua

En las máquinas de extrusión continua para soplado la preforma tubular fundida se produce sin interrupciones. El proceso es el siguiente:

Figura 15. **Proceso de extrusión-soplado**



Fuente: elaboración propia.

1.2.3.2. **Extrusión intermitente**

Este tipo de maquinaria almacena el material fundido generado por la extrusora mientras la pieza moldeada está siendo soplada y enfriada. Cuando el molde está abierto, el fundido acumulado es forzado a través de la boquilla para fabricar la preforma. La ventaja de la extrusión intermitente es que el fundido almacenado puede usarse para producir grandes preformas rápidamente. Esto es importante al utilizar materiales en los que el fundido carece de resistencia y para fabricar artículos muy grandes. Este tipo de extrusión se realiza con el uso de un tornillo extrusor con retroceso, o pistón-acumulador, o una boquilla.

1.2.4. Tipos de máquinas

El material que se utiliza en la fabricación de productos plásticos indicará el tipo de maquinaria que se utiliza en el proceso. Otros factores que también determinan estos son: la cantidad de productos por unidad de tiempo que se desea obtener, exactitud de las medidas, tamaño, entre otros. Como se mencionó anteriormente, existen básicamente cuatro formas diferentes de proceso de fabricación de productos plásticos. Si bien es cierto que cada uno se asemeja en gran parte del proceso, el equipo y accesorios utilizados cambian en gran medida.

2. CONCEPTOS GENERALES

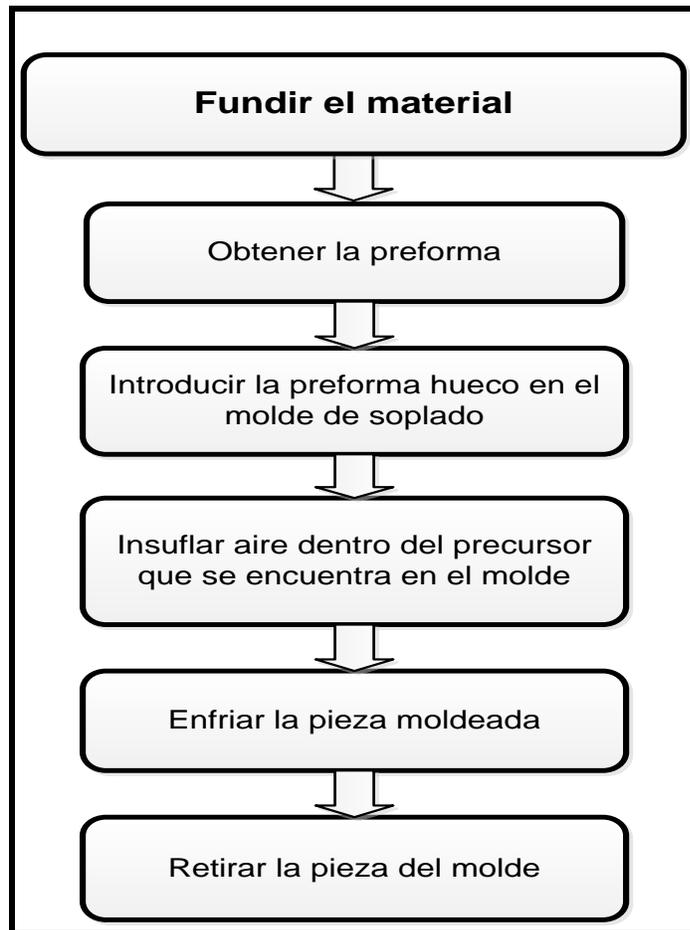
2.1. Análisis de factibilidad de la instalación

Es necesario que se realice un análisis de las variables de factibilidad de la instalación, por lo mismo en los siguientes párrafos se detallará la descripción del proceso actual en la planta de inyectores. Asimismo se describe el tipo de maquinaria con la que trabaja la planta, también las especificaciones de la maquinaria en la actualidad, que a su vez detalla las operaciones de la máquina y las especificaciones generales.

2.1.1. Descripción del proceso actual

La planta de inyectores está dividida en dos áreas dependiendo del proceso, tipo de materia prima utilizada y la maquinaria. Estas áreas son: inyección y soplado. Cada una cuenta con aproximadamente 25 máquinas que trabajan de forma continua. Las técnicas de soplado utilizadas dependen de cada área, pero para la fabricación de un producto los pasos básicos del proceso son iguales, mostrados en la figura 16.

Figura 16. **Proceso actual**



Fuente: elaboración propia.

2.1.2. Tipo de maquinaria con la que trabaja la planta

Actualmente en la planta de soplado se realizan dos procesos:

- Inyección-soplado
- Extrusión-soplado

Para estos procesos se cuenta con maquinaria Husky®, siendo el principal proveedor de las máquinas de equipo y servicios de fabricación de preformas PET. Entre las ventajas que ofrece esta maquinaria se pueden mencionar:

- Las soluciones de preformas reducen el coste total por pieza, recuperando la inversión en corto tiempo.
- La calidad de la ingeniería aplicada, junto con un servicio y asistencia, permite trabajar de forma más eficiente reduciendo tiempos y ahorrando dinero.
- Células de trabajo integradas y fáciles de manejar.

También se cuenta con maquinaria Engel®, esta marca mantiene un rumbo estable cuyo objetivo es cumplir con las exigencias de todas las áreas de procesamiento de plásticos.

Figura 17. **Máquina Husky**



Fuente: *Imágenes google*. [www.google/imagenes.com](http://www.google.com/imagenes.com). Consulta: 4 de enero de 2017.

Figura 18. **Maquinaria Engel**



Fuente: *Imágenes google*. www.google.com/imagenes.com. Consulta: 4 de enero de 2017.

2.1.3. Especificaciones de la maquinaria actual

En el siguiente apartado se describen las especificaciones de la maquinaria actual que interviene en los procesos que se realizan en la planta, es decir, se describen las operaciones de la máquina, así como las especificaciones generales a través de una tabla que detalla el rango permitido de la misma.

2.1.3.1. Operaciones de la máquina

Toda la maquinaria actual trabaja con ciclos y pesos para cada uno de los tamaños bajo las condiciones ambientales de la Ciudad de Guatemala, las cuales son:

- Temperatura del bulbo seco: -1 a 40 oC
- Humedad relativa: 40 a 90 oC

2.1.3.2. Especificaciones generales

La siguiente tabla muestra las especificaciones de una máquina que opera en el área de soplados:

Tabla VII. **Detalles de una máquina de soplados**

| Especificación | Rango Permitido |
|--|------------------------------------|
| Movimiento del molde | 730 mm |
| Dimensiones del molde | 400 mm altura x 730 mm ancho |
| Espesor del molde | 140 mm - 170 mm |
| Apertura entre placas | 500 mm |
| Fuerza de cierre nominal | 2 00N - 220N |
| Sistema de prueba de fugas | 4 x 140 mm, 3 x 210 mm, 2 x 420 mm |
| Fuga transportadora de descarga | Orientada de un solo lado |
| Movimiento de cierre y calibración por medio de un sistema de motor | Exactitud de 0,001 mm |
| Cierre único con aplicación de la fuerza centralizada para eliminar pandeo y desplazamiento del molde, movimiento del molde ajustable. | |

Fuente: elaboración propia.

2.2. Generalidades de la máquina sopladora

Una máquina sopladora cuenta con un sistema hidráulico, neumático, eléctrico, cabezal de extrusión con molde y control. En el presente estudio se analiza una máquina sopladora Uniloy Milacrón®.

La máquina cuenta con un sistema de extrusión discontinuo, un acumulador de un solo cabezal y un sistema de molde estacionario, accionados hidráulicamente, así como un sistema de calefacción dividido en ocho zonas, distribuidas cuatro en el tornillo de extrusión, tres en el acumulador y una en la boquilla, y un sistema neumático usado para el inflado, el presoplado y el soplado de la preforma. Además, cuenta con dos puntos de lectura de

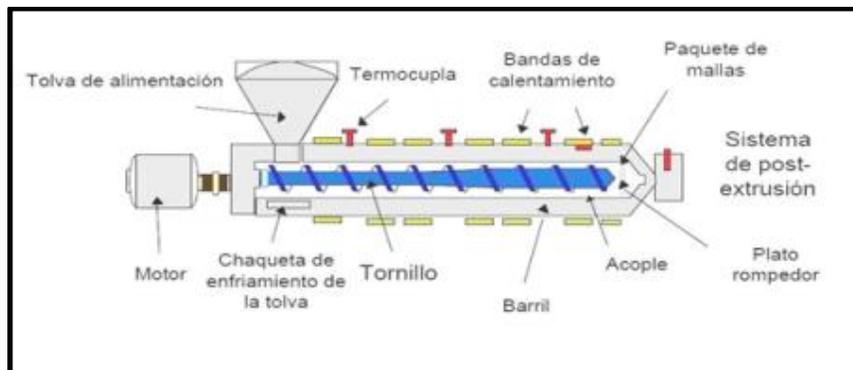
temperatura del aceite del sistema hidráulico y de la tolva de alimentación al tornillo.

Tabla VIII. **Características de la máquina Uniloy Milacrón**

| | |
|----------------------------|----------|
| Número de cabezales | 1 |
| Capacidad de acumulador | 4 lb |
| Caballos de fuerza | 75 |
| Capacidad del extruder | 375 lb/h |
| Fuerza de cierre del molde | 50 ton |
| Mínima altura de molde | 381 mm |
| Máxima altura de molde | 1 016mm |

Fuente: elaboración propia.

Figura 19. **Descripción de una máquina Uniloy Milacrón**



Fuente: Schneider electric. *Manual del fabricante*. p. 112..

2.2.1. Sistema de potencia hidráulica

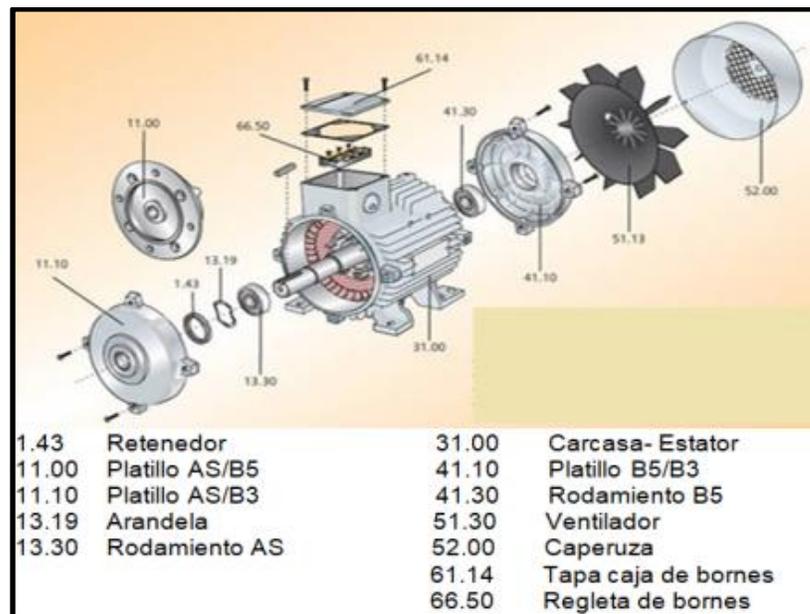
En esta sección se da una visión general del sistema hidráulico. Se detalla el motor y la bomba, fluido hidráulico, el sistema de enfriamiento y filtración hidráulica separada, por lo consiguiente se desglosan los diferentes tipos de válvulas que forman parte de la máquina con su respectiva imagen.

2.2.1.1. Motor y bomba

La presión hidráulica se produce mediante una bomba compensada por presión. La bomba es una unidad de hasta 177 bares y es impulsada por un motor eléctrico trifásico. Por lo mismo el motor eléctrico trifásico asíncrono es el motor que más se utiliza en el mundo de las instalaciones industriales y en edificios grandes. Es simple en términos de manejo y diseño, flexible en distintos campos de aplicación y con un funcionamiento económico.

Lo que diferencia al motor trifásico es el alto consumo de intensidad cuando se alimentan con carga a través de un arranque directo. Cuando se aplica tensión directa lo que se obtiene es una sobreintensidad que podría causar caídas de tensión de red y dificultades en los sistemas mecánicos.

Figura 20. **Motor eléctrico trifásico**

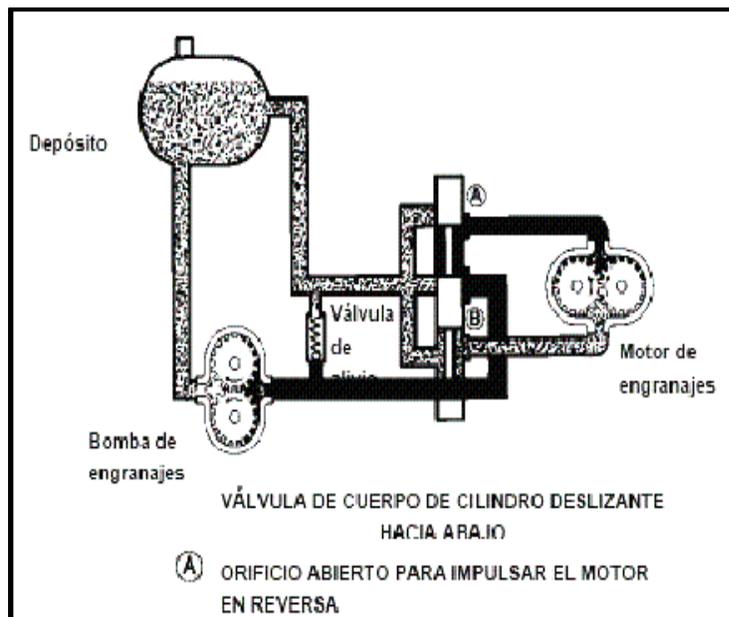


Fuente: *Imágenes google*. www.google.com. Consulta: 4 de enero de 2017.

2.2.1.2. Fluido hidráulico

El fluido hidráulico usado en esta máquina es un aceite derivado del petróleo de alta graduación, con una viscosidad de 80 a 170 SUS. Este fluido hidráulico contiene inhibidores de herrumbre y oxidación, así como aditivos antiespumante y antidesgaste.

Figura 21. Fluido hidráulico de la bomba



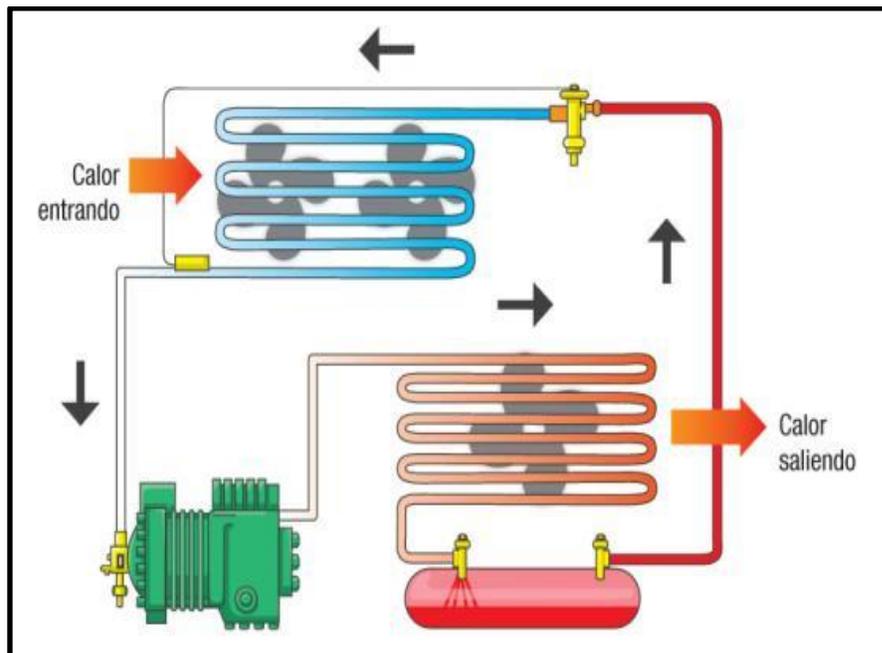
Fuente: *Imágenes google*. www.google.com/imagenes.com. Consulta: 4 de enero de 2017.

2.2.1.3. Sistema de enfriamiento y filtración hidráulica separada

Una bomba separada más pequeña impulsa el sistema de enfriamiento y filtración. Para mantener el fluido a una temperatura y una pureza óptimas, la bomba extrae fluido del depósito y lo hace atravesar por un intercambiador de

calor y un filtro, y después retorna el fluido al depósito. El sistema de enfriamiento está activo siempre que las bombas hidráulicas principales estén en marcha.

Figura 22. **Sistema de enfriamiento y filtración hidráulica separada**



Fuente: *Imágenes google*. www.google.com/imagenes.com. Consulta: 4 de enero de 2017.

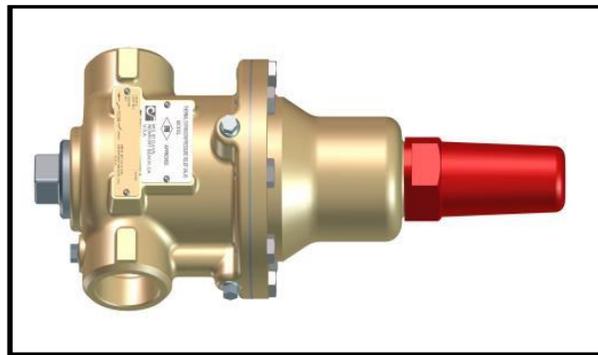
2.2.1.4. Válvulas

De las generalidades de la máquina sopladora se desarrollarán las válvulas que son usadas para controlar la cantidad de aire presente en las tuberías que transportan fluidos a través de la presión de una bomba. Los tipos de válvulas son: válvulas de alivio de baja presión, válvulas de dos vías de alta presión, válvulas de seguridad hidráulica y válvula proporcional de la prensa; esta tipología se desarrolla en los siguientes apartados.

2.2.1.4.1. De alivio de baja presión

La válvula de reducción de baja presión limita la presión hidráulica en el accionador giratorio aproximadamente 34,5 bares mientras se cierran los moldes. Es decir que son piezas importantes que tienen como propósito liberar parte del líquido contenido sin que pase por las máquinas. Por lo general disponen de distintos tipos de compuertas que logran mantener totalmente cerrado el paso del agua, parcialmente abierto o abierto totalmente. También se mencionan las compuertas verticales en las que el elemento de chapa reforzada sube y baja verticalmente guiado por unas ranuras en los pilares adyacentes.

Figura 23. **Válvulas de alivio de baja presión**



Fuente: *Imágenes google*. www.google.com/imagenes.com. Consulta: 4 de enero de 2017.

2.2.1.4.2. De dos vías de alta presión

Es una válvula de solenoide que controla la presión de la prensa. Cuando se excita el solenoide la válvula está en la posición abierta y la presión de la prensa viene determinada por la presión de cierre de la válvula de alivio de baja presión.

Figura 24. **Válvulas de dos vías de alta presión**



Fuente: *Imágenes google*. www.google.com/imagenes.com. Consulta: 4 de enero de 2017.

2.2.1.4.3. De seguridad hidráulica

Esta válvula de bloqueo desactiva el circuito de sujeción hidráulico, cuando cualquiera de los interruptores de seguridad, en las puertas, está abierto. También es la herramienta más empleada para el alivio de presión. Además se conoce con el nombre de válvula de alivio, válvula de alivio de presión, válvula de alivio de seguridad y válvula de seguridad de presión. Esta válvula presenta una terminología que crea algunas diferencias según la apertura, pudiendo ser repentina y total, o proporcional al aumento de presión.

Asimismo, se puede definir como una herramienta que, automáticamente, sin otra asistencia de energía que la del propio fluido implicado, descarga fluido para prevenir que se exceda una presión predeterminada. Está diseñada para que vuelva a cerrar y evite el flujo adicional de fluido después de haberse restablecido las situaciones normales de presión.

Figura 25. **Válvulas de seguridad hidráulica**



Fuente: *Imágenes google*. www.google.com/imagenes.com. Consulta: 4 de enero de 2017.

2.2.1.4.4. Proporcional de la prensa

La válvula proporcional es para el movimiento de la prensa montada en el múltiple de la prensa. Su posición controla qué lado de la paleta del accionador giratorio recibe presión hidráulica y controla la velocidad de la prensa. Este tipo de válvulas llenan un espacio vacío entre las electroválvulas y las servoválvulas. También puede ajustarse electrónicamente para una secuencia de cargas sin la necesidad de los accionamientos hidráulicos.

Figura 26. **Válvula proporcional de la prensa**



Fuente: *Imágenes google*. www.google.com/imagenes.com. Consulta: 4 de enero de 2017.

2.2.1.5. Manómetros y termómetros

Los controladores hidráulicos contienen varios manómetros y termómetros para monitorear las temperaturas y presiones del fluido. El interruptor de parada de alta temperatura accionará una alarma si la temperatura aumenta por encima del nivel prescrito. Este interruptor se fija en 140 °F.

Un sensor de temperatura monitorea la temperatura del fluido hidráulico. La válvula de modulación usa señales del sensor para determinar la cantidad de agua para descargar en el intercambiador de calor a fin de enfriar el depósito.

- Manómetro: instrumento de medida de la presión en fluidos (líquidos y gases) en circuitos cerrados.
- Termómetro: instrumento de medición especialmente diseñado para calcular las variaciones de temperatura.

Figura 27. **Manómetros y termómetros**

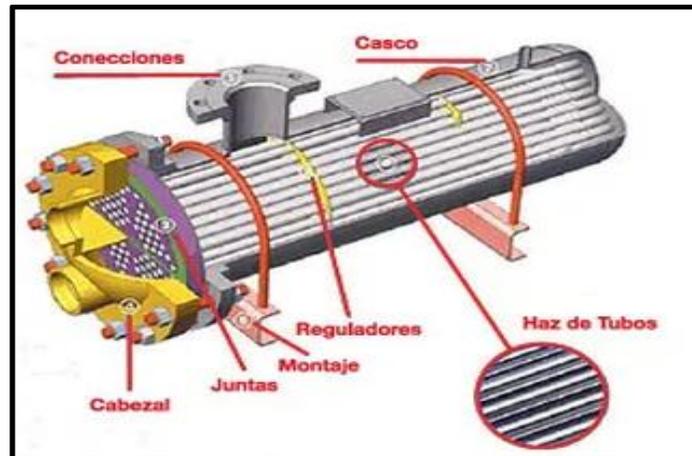


Fuente: *Imágenes google*. www.google.com/imagenes.com. Consulta: 4 de enero de 2017.

2.2.1.6. Intercambiador de calor

El fluido hidráulico circula constantemente a través del intercambiador de calor, donde se enfría para mantener la temperatura fijada en la válvula de modulación. La válvula debe mantener la temperatura del fluido del depósito a 110 °F. La válvula de modulación usa señales del sensor para determinar la cantidad de agua que debe descargar en el intercambiador de calor para enfriar el depósito.

Figura 28. **Intercambio de calor**



Fuente: *Imágenes google*. www.google.com/imagenes.com. Consulta: 4 de enero de 2017.

2.2.1.7. Accionador giratorio

Los accionadores giratorios abren y cierran las platinas mediante un sistema basculante. La presión hidráulica actúa en cada lado de una paleta de control conectada al eje de accionador giratorio, haciendo que gire. El sentido de rotación viene determinado por la posición de la válvula proporcional.

Además, se producen por una electroválvula distribuidora para lograr frenar la turbina en una secuencia de parada en el momento en que las revoluciones están al 50 % de la velocidad nominal, a través de un contrachorro de agua que actúa en la parte opuesta de los alabes de la turbina.

Figura 29. **Accionador giratorio**



Fuente: *Imágenes google*. [www.google/imagenes.com](http://www.google.com/imagenes). Consulta: 4 de enero de 2017.

2.2.1.8. Válvula direccional de preacabado hidráulico

La válvula de control de preacabado sube o baja los cilindros de preacabado según se requiere durante el ciclo del molde. Se usa un sistema de manómetros de orificios múltiples para monitorear presiones críticas en la máquina. También direcciona el suministro de aceite a un actuador. Y un control de válvulas consiste de un cuerpo o carcasa con pasajes intrínsecos, los cuales están conectados y diseccionados por un carrete movable de válvulas. Los carretes de válvulas están dentro de las válvulas. El carrete de válvulas reside en una superficie con surcos.

Figura 30. **Válvula direccional de preacabado hidráulico**



Fuente: *Imágenes google*. www.google.com/imagenes.com. Consulta: 4 de enero de 2017.

2.2.2. Sistema neumático

El sistema neumático incluye los siguientes elementos esenciales como los filtros reguladores de alta presión, la válvula automática de descarga de aire, así como la descarga traba manual y el brazo oscilante, válvula de los dedos del brazo oscilante, la válvula de control direccional del desprendedor, el control de velocidad del desprendedor, el cilindro del desprendedor y las válvulas. Estos elementos son de suma relevancia, por lo mismo se describen a continuación.

2.2.2.1. Filtros

Los filtros de partículas y coalescentes están ubicados en el panel de preparación de aire. Estos filtros limpian el aire al introducirse en el sistema neumático. Su principal función es la de retener partículas y contaminantes insolubles en el fluido, a través del uso de un material poroso. De esta forma se logra alargar la vida útil de la instalación, porque se trabaja con un fluido limpio y no contaminado.

Figura 31. **Filtros**



Fuente: *Imágenes google*. www.google.com/imagenes.com. Consulta: 4 de enero de 2017.

2.2.2.2. Regulador de alta presión

El regulador de alta presión reduce la presión de aire en la planta a los 6,9 bares requeridos por la máquina. Este aire de alta presión se usa para:

- Soplar los recipientes
- Mover el brazo oscilante o la rampa
- Abrir y cerrar los dedos del brazo oscilante
- Soplar por la parte inferior
- Mover el desprendedor

Figura 32. **Regulador de alta presión**



Fuente: *Imágenes google*. [www.google/imagenes.com](http://www.google.com/imagenes.com). Consulta: 4 de enero de 2017.

2.2.2.3. Válvula de descarga de aire automática

Es una válvula de descarga de dos vías operada automáticamente que descarga presión de aire si se pierde corriente o si se oprime la parada de emergencia. Dichas válvulas son comúnmente utilizadas en sistemas de bombas dobles, en donde una de alto volumen es descargada a su presión límite, en la que la alta presión y bajo volumen continúan para levantar mayor presión al sistema.

Figura 33. **Válvula de descarga de aire automática**



Fuente: *Imágenes google*. www.google.com/imagenes.com. Consulta: 4 de enero de 2017.

2.2.2.4. Traba manual

La traba manual constituye un medio de descarga manual de la presión de aire. Se usa principalmente durante los procedimientos de bloqueo/etiquetado.

Las trabas manuales son importantes para el control del paso de los fluidos, en especial el aire comprimido. Es imprescindible disponer de dispositivos de control para evitar el peligro que ocasiona el derrame de líquidos, ya que podría provocar una subida de nivel del agua y que sobrepase el máximo establecido.

Figura 34. **Traba manual**



Fuente: *Imágenes google*. [www.google/imagenes.com](http://www.google.com/imagenes.com). Consulta: 4 de enero de 2017.

2.2.2.5. Brazo oscilante

El interruptor de esta válvula está ubicado en el panel de botones. Cambia el brazo oscilante o la rampa entre las modalidades automática y manual. Cuando se cambia a la modalidad manual, la válvula acciona un cilindro que mueve la rampa del brazo oscilante, de modo que las dosis de prueba del parísón se caerán en el piso.

Figura 35. **Brazo oscilante**



Fuente: *Imágenes google*. www.google.com/imagenes.com. Consulta: 4 de enero de 2017.

2.2.2.6. Válvula de los dedos del brazo oscilante

Esta válvula direccional controla la apertura y el cierre de los dedos del brazo oscilante. Se acciona cuando la posición del brazo oscilante alcanza el punto de control de apertura o cierre introducido en la pantalla de posiciones.

De igual forma, la válvula de los dedos del brazo oscilante central, la alta suspensión en todos los ejes y la distribución equilibrada del peso, brindan agilidad y capacidad de transitar los terrenos más difíciles.

Figura 36. **Válvula de los dedos del brazo oscilante**

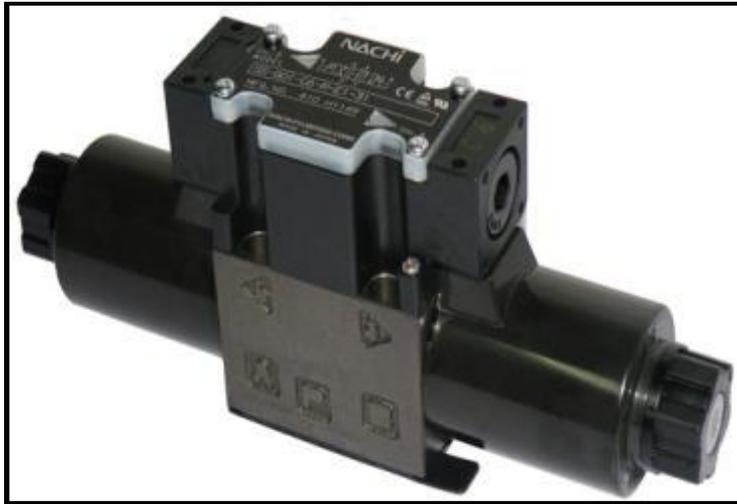


Fuente: *Imágenes google*. [www.google/imagenes.com](http://www.google.com/imagenes.com). Consulta: 4 de enero de 2017.

2.2.2.7. Válvula de control direccional del desprendedor

La válvula de control direccional del desprendedor es una válvula de solenoide ubicada en el conjunto neumático o hidráulico. El solenoide normalmente no está excitado. Esta clase de válvulas es el elemento indispensable para comandar cualquier tipo de máquina hidráulica, por medio de la válvula de control direccional del desprendedor que evita cualquier tipo de accionamiento eléctrico y/o electrónico. A continuación se detallan las válvulas, que son las más populares en el campo de válvula de control direccional de flujos hidráulicos ejecutados eléctricamente.

Figura 37. **Válvula de control direccional del desprendedor**



Fuente: *Imágenes google*. www.google.com/imagenes.com. Consulta: 4 de enero de 2017.

2.2.2.8. Control de velocidad del desprendedor

Las válvulas de control de caudal controlan la velocidad del desprendedor en las tuberías neumáticas o hidráulicas. Cuando la presión neumática o hidráulica despliega el cilindro, la placa del desprendedor se mueve hacia abajo para expulsar los recipientes soplados de los pasadores de soplado. El conjunto del desprendedor está montado en el travesaño de la prensa delante del conjunto de bloque de troquel.

Figura 38. **Válvulas de control de velocidad del desprendedor**



Fuente: *Imágenes google*. [www.google/imagenes.com](http://www.google.com/imagenes.com). Consulta: 4 de enero de 2017.

2.2.2.9. Cilindro del desprendedor

El cilindro del desprendedor es un cilindro bidireccional que se pliega y repliega con presión neumática o hidráulica. Cuando la presión neumática o hidráulica despliega el cilindro, la placa del desprendedor se mueve hacia abajo para expulsar los recipientes soplados de los pasadores de soplado. El conjunto del desprendedor está montado en el travesaño de la prensa delante del conjunto de bloque.

Figura 39. **Cilindro del desprendedor**



Fuente: *Imágenes google*. www.google.com/imagenes.com. Consulta: 4 de enero de 2017.

2.2.2.10. Válvulas

Las válvulas del sistema neumático son elementos que regulan la puesta en marcha, el paro y la dirección, así como la presión del aire. Estos tipos de válvulas son las válvulas de soplados, válvulas de presoplado, válvulas de escape y válvulas de accionamiento neumático, las cuales se describen en los siguientes párrafos.

2.2.2.10.1. De soplados

La válvula de soplado es una válvula de retorno de resorte de solenoide individual de dos posiciones. Cuando la válvula de soplado está en la posición excitada, se permite la entrada de aire de soplado en la preforma para soplar el recipiente. Cuando está no excitada, el recipiente a presión se alivia rápidamente. La válvula está ubicada en el extremo múltiple de aire superior de la prensa.

Figura 40. **Válvula de soplado**



Fuente: *Imágenes google*. [www.google/imagenes.com](http://www.google.com/imagenes). Consulta: 4 de enero de 2017.

2.2.2.10.2. De presoplado

Existe una válvula de presoplado para cada cabeza de troquel montada en la máquina. Cuando se active la válvula de preinflado, el aire se desvía de la válvula de control de flujo de aire. Solamente cuando se desactive la válvula, el aire atraviesa la válvula de control de flujo de aire. El temporizador de demora de presoplado, ubicado en la pantalla, y el punto de control de inicio del presoplado, definen la duración de presoplado y la posición en el ciclo del extrusor donde se debe activar y desactivar la válvula.

Figura 41. **Válvula de presoplado**



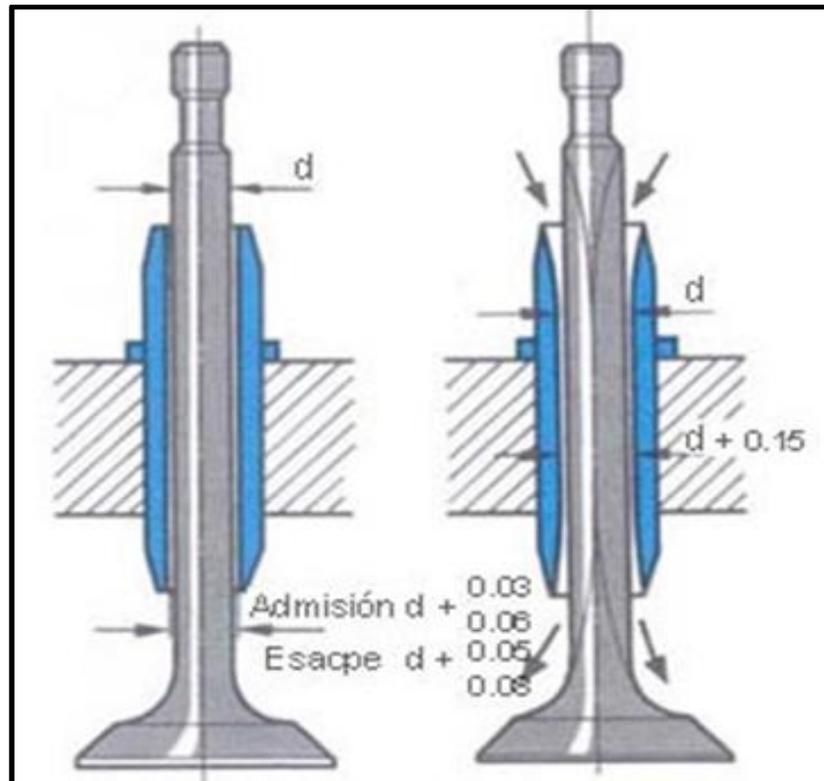
Fuente: *Imágenes google*. www.google.com/imagenes.com. Consulta: 4 de enero de 2017.

2.2.2.10.3. De escape

El aire de escape del sistema neumático se canaliza al silenciador. Este silenciador reduce el ruido pero mantiene un tiempo de ciclo rápido. Estas válvulas acceden a aumentar la velocidad de los cilindros simples y de doble efecto. Asimismo, el aire comprimido fluye de la válvula hacia el cilindro atravesando por la válvula de escape. En este caso, la salida de aire está cerrada. Si la presión desciende, el sentido del aire de escape es de 2 hacia 3.

Entonces, para que el escape rápido de aire sea efectivo, es ineludible que la válvula esté montada directamente sobre la conexión de aire del cilindro. Es decir que el ruido se atenúa con la válvula de escape.

Figura 42. Válvula de escape



Fuente: *Imágenes google*. www.google.com/imagenes.com. Consulta: 4 de enero de 2017.

2.2.2.10.4. De accionamiento neumático

Están ubicadas en el lado eléctrico de la máquina, debajo de la prensa. Estos varían según la aplicación y pueden contener:

- Soplado inferior
- Tenazas
- Soplado de aire desactivado
- Aire de soporte vertical
- Rampa de botellas

Figura 43. **Válvula de accionamiento neumático**



Fuente: *Imágenes google*. www.google.com/imagenes.com. Consulta: 4 de enero de 2017.

2.2.3. Unidades de prensa

La unidad de la prensa sujeta las mitades del molde bien cerradas mientras se sopla en el recipiente. El sistema también realiza los siguientes procesos:

- Abre y cierra las mitades del molde durante el ciclo de moldeo.
- Provee una superficie de montaje estable para ubicar y soportar las mitades del molde.
- Proporciona agua de enfriamiento a cada molde.

Figura 44. **Unidad de prensa**



Fuente: *Imágenes google*. www.google.com/imagenes.com. Consulta: 4 de enero de 2017.

2.2.3.1. Componentes de la prensa

A continuación se muestran los componentes de la máquina prensa, se describen las placas de metal pesadas que brindan a las superficies de montaje seguridad, estas son las llamadas platinas. Asimismo se describe el mecanismo accionado hidráulicamente, que es el accionador giratorio, y por último se muestran los efectos del sistema de enfriamiento en las mitades del molde.

2.2.3.1.1. Platinas

Las platinas son placas de metal pesadas que proporcionan superficies de montaje seguras para las mitades del molde. Hay tres platinas:

- Delantera
- Central
- Trasera

Las platinas trasera y central están accionadas por el conjunto de accionador giratorio. Las platinas delanteras sujetan las mitades del molde, están conectadas directamente a la platina trasera por medio de barras de acoplamiento que hacen que se muevan como una unidad individual.

Figura 45. **Platina típica**



Fuente: *Imágenes google*. www.google.com/imagenes.com. Consulta: 4 de enero de 2017.

2.2.3.1.2. Accionador giratorio

El accionamiento giratorio es un mecanismo accionado hidráulicamente. Cuando se acciona, el eje del accionador giratorio gira a la derecha aproximadamente 100 grados. Esta acción giratoria produce un movimiento lineal de 140 mm en las platinas por medio del uso de conexiones articuladas.

Un extremo de cada conexión articulada está conectado al adaptador del accionador giratorio. El otro extremo está conectado a una horquilla en la platina. Esta configuración proporciona una velocidad de cierre inicial rápida y una velocidad de cierre final muy lenta. Este cambio de velocidad resulta en fuerzas de impacto del molde muy bajas, a medida que se acercan las mitades del molde, prolongando la vida útil de los moldes.

Figura 46. **Accionamiento giratorio**



Fuente: *Imágenes google*. www.google.com/imagenes.com. Consulta: 4 de enero de 2017.

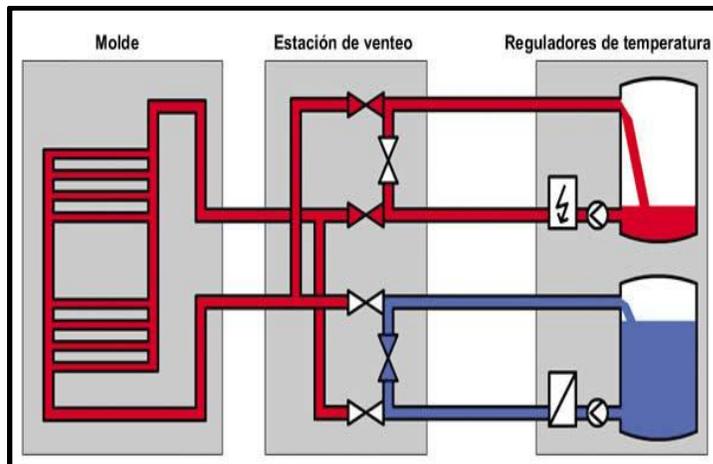
2.2.3.1.3. Sistema de enfriamiento del molde

El sistema de enfriamiento del molde enfría rápidamente las mitades del molde después de soplar el recipiente. El enfriamiento de los moldes endurece rápidamente el recipiente soplado, permitiendo que se exponga la cavidad del molde sin deformar. El enfriamiento rápido de las mitades del molde acorta mucho la duración del ciclo del molde. Se proporciona agua refrigerada a los

moldes de un sistema de circuito cerrado. El sistema de circuito cerrado sigue la siguiente ruta:

- La unidad de refrigeración suministra agua refrigerada al múltiple del molde en que están montados los moldes.
- Las mangueras conectan la platina a la conexión de entrada de agua de enfriamiento en la parte trasera de la mitad del molde.
- El agua de enfriamiento circula por los conductos maquinados en la mitad del molde absorbiendo calor del recipiente.
- Hay mangueras para la conexión de salida de la parte trasera de la mitad del molde a una tubería de retorno de agua.

Figura 47. **Sistema de enfriamiento del molde**



Fuente: *Imágenes google*. [www.google/imagenes.com](http://www.google.com/imagenes). Consulta: 4 de enero de 2017.

2.2.4. Unidad de extrusión

En el sentido más básico, se puede considerar la extrusora como un tornillo que gira dentro de un cilindro de acero calentado. Los calefactores del cilindro, el calor del movimiento y la fricción producida por la rotación del cilindro hacen que se derrita la resina y la fuerza a través del cabezal de la boquilla para formar una preforma.

2.2.4.1. Tolva

La tolva es un depósito de resina con forma de embudo montado directamente en la abertura de alimentación anclada al cilindro de la extrusora, contiene un suministro de granulado de resina plástica que se introduce en la abertura del cilindro por medio de la gravedad. Una ventana en la parte inferior de la tova permite al operador observar si el suministro de resina disminuye. La tolva incluye un orificio de drenaje en el cuello para poder retirar la resina que se utiliza.

Figura 48. Tolva

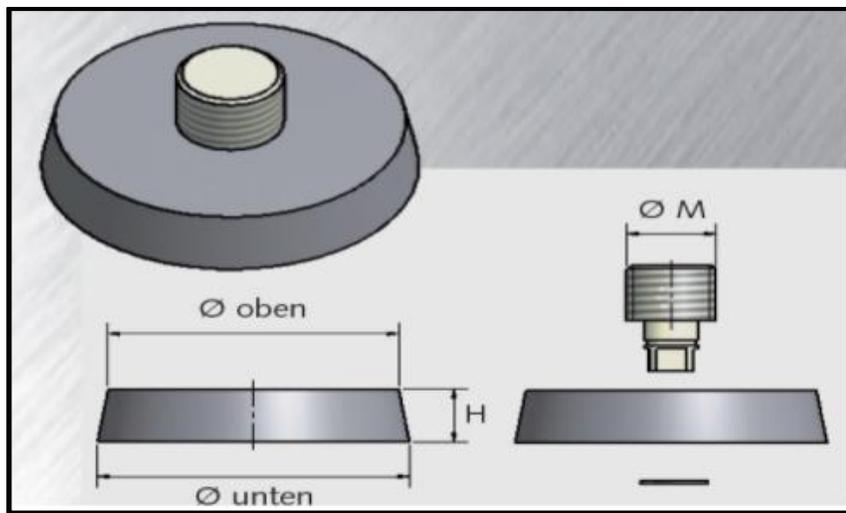


Fuente: *Imágenes google*. www.google.com/imagenes.com. Consulta: 4 de enero de 2017.

2.2.4.2. Imán de retención

Los imanes de retención son sistemas magnéticos que poseen una única superficie de adherencia a causa de su estructura. El resto de la superficie del cuerpo magnético de pinza no ejerce ninguna fuerza magnética. Esta estructura le permite limitar el efecto espacial del campo magnético, de modo que no se produzca la magnetización indeseada de la totalidad de la pieza de trabajo en contacto con los imanes de retención o de los elementos de máquinas que rodean estos. El imán de retención contiene un separador magnético que elimina cualquier partícula ferrosa dispersa procedente de la resina molida o virgen, a medida que pasa por la abertura de alimentación de la extrusora.

Figura 49. Imanes de retención



Fuente: *Imágenes google*. www.google.com/imagenes.com. Consulta: 4 de enero de 2017.

2.2.4.3. Conjunto de cilindro y tornillo

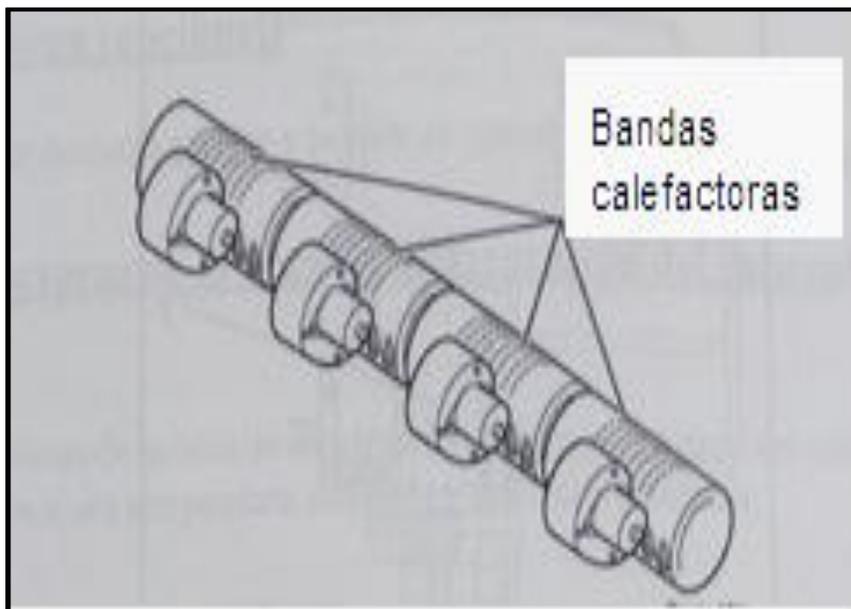
El conjunto de tornillo y cilindro se compone de un tornillo transportador de tipo helicoidal que gira en el interior de un cilindro de paredes gruesas sin costuras. Las acanaladuras del tornillo y la pared interior del cilindro están pulidas y endurecidas para una vida útil larga. El tornillo de acero tiene filetes parecidos a barrenas que han sido tratados para superficies duras resistentes al desgaste y adaptados para un diámetro exterior preciso. Los filetes del tornillo giratorio mueven la resina por cada sección del cilindro. Las cuatro secciones principales del conjunto del cilindro y tornillo son:

- Sección de alimentación: esta sección mueve la resina desde la boca de alimentación hasta la sección de transición. En ese momento, la resina empieza a absorber el calor desde las paredes del cilindro.
- Sección de transición: la resina está casi en el punto de fusión cuando entra en esta sección. El diámetro del tornillo aumenta gradualmente obligando a la resina a comprimirse y liberar el aire entre los gránulos.
- Cuando la resina abandona la sección de transición, la compresión y el aumento de temperatura la han transformado en una masa que recibe el nombre de masa fundida.
- Sección de dosificación I: aquí se mezcla la masa fundida por completo, transformándola en una masa homogénea.
- Sección de dosificación II: realiza la misma función que la sección anterior.

2.2.4.4. Banda calefactora de cilindro

Cuatro bandas calefactoras envuelven el cilindro en toda su longitud. Se dividen en cuatro zonas para permitir el control localizado de la temperatura a lo largo del cilindro. La temperatura de cada zona es controlada por los valores de consigna de la planta de temperaturas.

Figura 50. **Bandas calefactoras**

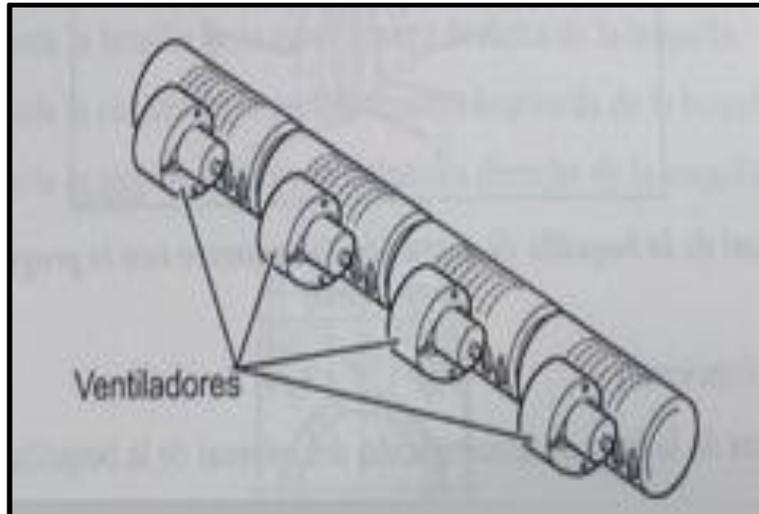


Fuente: manual del fabricante.

2.2.4.5. Sistema de refrigeración

El cilindro de la extrusora se enfría mediante una serie de ventiladores. Está conformado por cuatro ventiladores de refrigeración, uno para cada zona de calefacción, que controlan el calor del cilindro. El sistema en general logra que las máquinas conserven su temperatura adecuada.

Figura 51. **Sistema de refrigeración**



Fuente: manual del fabricante.

2.2.4.6. Componentes hidráulicos

La inyección de embolada se acciona mediante presión hidráulica procedente del sistema hidráulico. Esta presión está producida por una bomba compensada de presión. La bomba esta accionada por un motor trifásico eléctrico. Las partes de este se explican brevemente a continuación.

2.2.4.6.1. Acumulador

El acumulador es un depósito de acero que contiene una cámara moldeadora de goma. Se encarga de almacenar la presión del sistema hidráulico y de ayudar a la bomba a suministrar presión hidráulica al sistema.

El aceite hidráulico se introduce por uno de los extremos del depósito. Se aplica una carga de nitrógeno a la cámara moldeadora de goma a través del otro extremo del depósito. Si el sistema exige poca cantidad, el depósito se llena con fluido hidráulico y se comprime el nitrógeno. Si el sistema exige más cantidad, la presión del sistema cae y el nitrógeno comprime fuerza al fluido desde el depósito, proporcionando más presión de sistema y capacidad adicional.

Figura 52. **Acumulador**



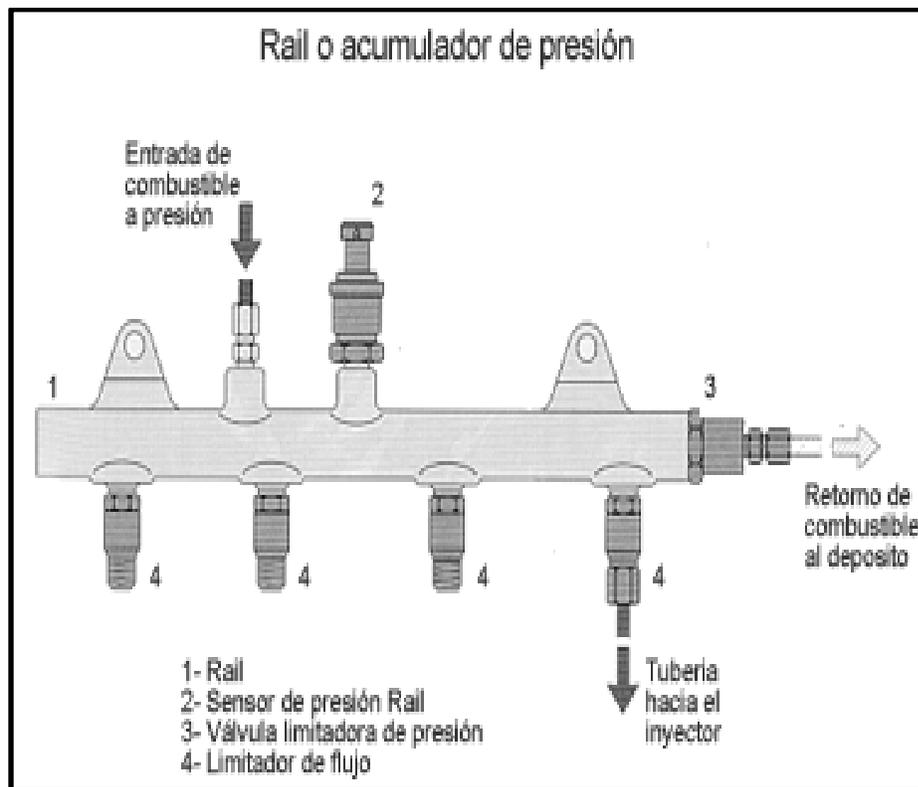
Fuente: *Imágenes google*. www.google.com/imagenes.com. Consulta: 4 de enero de 2017.

2.2.4.6.2. Válvula de desechos del acumulador

La válvula de desecho del acumulador se opera manualmente y se encarga de liberar presión hidráulica de vuelta al depósito. Solo se abre cuando

el sistema hidráulico tiene que desconectarse debido a razones de mantenimiento.

Figura 53. **Válvula de desecho del acumulador**



Fuente: *Imágenes google*. [www.google/imagenes.com](http://www.google.com/imagenes). Consulta: 4 de enero de 2017.

2.2.4.6.3. **Válvula de cartucho**

La válvula de cartucho de inyección y la válvula de cartucho de la mordaza funcionan como dispositivos de seguridad o de bloqueo. Si las puertas de seguridad están abiertas durante el modo automático o si la corriente se pierde, estas válvulas bloquean la presión procedente de los acumuladores y de la bomba, como se muestra en la siguiente figura:

Figura 54. **Válvula de cartucho**



Fuente: *Imágenes google*. [www.google/imagenes.com](http://www.google.com/imagenes). Consulta: 4 de enero de 2017.

2.2.4.6.4. Válvula de desecho automática

Esta válvula funciona automáticamente y devuelve la presión al depósito si la corriente se pierde o si se pulsa el botón de emergencia. Está ubicada en la unidad de energía principal. Igualmente, en esta válvula se vierten los desechos en general que produce el sistema, y se encarga automáticamente de desecharlos por los conductos correctos.

Figura 55. **Válvula de desecho automática**



Fuente: *Imágenes google*. www.google.com. Consulta: 4 de enero de 2017.

3. PROPUESTA DEL MONTAJE

3.1. Cimentación y anclaje necesario

Antes de iniciar con la instalación, deberá realizarse una inspección visual al equipo para verificar su estado antes de instalación, revisando cables sueltos o rotos, mangueras o tuberías dañadas, daños al embalaje, daños visibles a las barras, guías y su estado físico general.

3.1.1. Tipos de cimentación

Los tipos de cimentación son siempre ligados a la mecánica de suelos, obviamente por la importancia de la interacción existente del terreno que recibirá las cargas y su agente transmisor. Las cimentaciones superficiales se apoyan en las capas superficiales o poco profundas del suelo, por tener suficiente capacidad portante o por tratarse de construcciones de importancia secundaria y relativamente livianas. En estructuras importantes, como puentes, las cimentaciones, inclusive las superficiales, se apoyan a suficiente profundidad para garantizar que no se produzcan deterioros. Por lo tanto, las cimentaciones superficiales están clasificadas de la siguiente manera:

- Cimentaciones ciclópeas
- Zapatas
 - Zapatas aisladas
 - Zapatas corridas
 - Zapatas combinadas

- Losas de cimentación

Existe un caso que puede considerarse intermedio entre las zapatas y las losas, es el de la cimentación a través de un emparrillado, que consiste en una sucesión de zapatas corridas, entrecruzadas en dos direcciones.

Las cimentaciones ciclópeas son las que se dan en terrenos cohesivos donde la zanja puede hacerse con paramento verticales y sin desprendimientos de tierra; el cimiento de concreto ciclópeo, es decir hormigón, es sencillo y económico. El proceso para su construcción consiste en ir vaciando dentro de la zanja piedras de distintos tamaños al mismo tiempo que se vierte la mezcla de concreto en proporción 1:3:5, tratando de mezclar perfectamente el concreto con las piedras, de tal manera que se evite la continuidad en sus juntas.

Por lo tanto, es un sistema que ha quedado prácticamente en desuso y se utiliza en construcciones con cargas poco importantes. El hormigón ciclópeo se realiza añadiendo piedras regularmente grandes a medida que se va estructurando para economizar material. Al utilizar este sistema, se puede emplear piedra más pequeña que en los cimientos de mampostería hormigonada. La técnica del hormigón ciclópeo radica en lanzar las piedras desde el punto más alto de la zanja en el hormigón sobre la masa, que se depositará en el cimiento. Por lo mismo es necesario tomar las siguientes precauciones:

- Tratar que las piedras no estén en contacto con la pared de la zanja
- Alternar en capas el hormigón y las piedras
- Que las piedras no queden amontonadas
- Cada piedra debe estar totalmente envuelta por el hormigón

Las cimentaciones profundas constan de cajones perforados, es decir, pozos descendentes y numerosas variedades de pilotes de concreto hinchables o colados en su lugar. Cuando es imposible proveer una adecuada solución para una estructura solo con una cimentación superficial, el uso de cimentaciones profundas se vuelve necesario. Esta situación puede darse por distintos factores, ya sea por las características del subsuelo, por el orden en que sus distintos estratos se presentan, la naturaleza de las cargas que son transmitidas al subsuelo, las características del lugar, el fin operativo de la superestructura, entre otros.

De igual forma, existen distintos factores que intervienen en la elección de una cimentación profunda y una cimentación superficial, o el uso de las dos. Cuando el estrato o estratos superiores del suelo son altamente compresibles y demasiado débiles para soportar la carga transmitida por la superestructura, el uso de cimentaciones profundas garantiza la transmisión de la carga al lecho rocoso o a una capa resistente.

Cuando no se halla un lecho rocoso o una capa dura a profundidad razonable bajo la superficie del terreno, se utiliza un tipo de cimentación profunda especial para transmitir la carga actuante al suelo, y la resistencia a dicha carga se deriva esencialmente de la resistencia a la fricción desarrollada en la interfaz suelo-estructura.

Existen ciertas estructuras que están sometidas a importantes fuerzas horizontales, es decir que la implementación de una cimentación profunda es la adecuada, porque resisten muy bien las acciones por flexión mientras soportan la carga vertical transmitida por la superestructura. Esta clase de situaciones están generalmente en el diseño y construcción de la cimentación de estructuras altas que se encuentran sometidas a grandes fuerzas de viento y/o sísmicas.

En distintos casos, la cimentación profunda se usa en la presencia de suelos expansivos y colapsables, que se desarrollan a gran profundidad por debajo de la superficie del terreno. Asimismo, los suelos expansivos se hinchan y se contraen conforme el contenido de agua crece y decrece, es decir que la presión de expansión es considerable. Al utilizar cimentaciones superficiales en tales circunstancias, la estructura sufriría daños relevantes. No obstante, la cimentación profunda es considerada como una alternativa cuando dichos suelos son extendidos más allá de la zona activa de expansión y compresión.

En estas situaciones se utilizan pilotes como elementos de cimentación para resistir las fuerzas de levantamiento; por ejemplo, ciertas estructuras como torres de transmisión, plataformas fuera de costa, losas de sótano debajo del nivel freático, casas de habitación y otras. Las columnas y estribos de puentes son usualmente construidos sobre elementos de cimentación profunda, para evitar la pérdida de capacidad de carga que una cimentación superficial podría sufrir por la erosión y socavación del suelo en la superficie del terreno.

La cimentación profunda proporciona anclaje a estructuras sujetas a subpresiones, momentos de volteo o cualquier efecto que logre levantar la estructura, de forma que estos elementos de cimentación trabajan a tensión. Las cimentaciones profundas se clasifican de la siguiente forma:

- Por el material de fabricación
 - Concreto
 - Acero
 - Mixtos (concreto armado)
 - Madera

- Por el proceso constructivo
 - Con desplazamiento de subsuelo
 - Con poco desplazamiento de subsuelo
 - Sin desplazamiento de subsuelo

- Por su transmisión de carga al subsuelo
 - Carga vertical
 - Punta
 - Fricción
 - Mixta (punta y fricción)

 - Carga vertical y horizontal

Los elementos que determinan el tipo de cimentación: es necesario evaluar y determinar las cargas que se transmitirán al suelo, realizar un estudio minucioso de mecánica de suelos y escoger el proceso constructivo que sea más viable, técnica y económicamente. Los puntos a evaluar se engloban de la siguiente forma:

- Cargas: para realizar el diseño de la cimentación de cada estructura se evalúan las actividades a las que estará sometida: acciones permanentes, incluyendo el peso propio, acciones variables, incluyendo la carga viva y las acciones accidentales, incluyendo sismo y viento. Ya conociendo estas sollicitaciones es necesario conocer su distribución y determinar la magnitud de los esfuerzos que se aplican al suelo.

- Suelo: es ineludible e imperativo conocer las características del suelo en el que se apoya la estructura, a través de estudios precisos de este, ya que su comportamiento ante las cargas definirá la cimentación correcta. El estudio de mecánica de suelos logra determinar la configuración y composición de los distintos estratos, así como las propiedades internas, mecánicas e hidráulicas del subsuelo. Esta información se utiliza de base para una correcta selección de los estratos de apoyo y de los elementos que transmitirán las cargas al subsuelo.
- Técnica y económica: con la finalidad de que la construcción de la cimentación sea factible, es ineludible definir el proceso constructivo que se aplicará, tomando en cuenta los recursos existentes y respetando las especificaciones geotécnicas y estructurales, considerando que la solución sea económicamente viable y lleve a tiempos de ejecución aceptables y convenientes, preservando constantemente la calidad de factores de cimentación.

3.2. Tipos de suelos recomendados

Los términos primordiales que utilizan los ingenieros civiles para describir suelos son: grava, limo, arcilla y arena. La mayor parte de los suelos naturales se conforman de la mezcla de dos o más de estos elementos, y logran contener por añadidura material orgánico parcial o totalmente descompuesto.

- Gravas: son acumulaciones sueltas de fragmentos de rocas y tienen más de dos milímetros de diámetro.
- Arenas: materiales de granos finos que provienen de la denudación de las rocas o de la trituración artificial, y las partículas van variando entre

2mm y 0,05 mm de diámetro. No se contraen al secarse, no son plásticas, son menos compresibles que la arcilla y al aplicárseles carga en la superficie se comprimen automáticamente.

- Limos: suelos de granos finos con poca o ninguna plasticidad, las partículas están entre 0,05 mm y 0,005 mm de diámetro. También podrían ser orgánicos, originarios de los ríos o inorgánicos, producidos en canteras. Su permeabilidad es baja y su compresibilidad muy alta; su color varía desde gris claro a oscuro.
- Arcillas: son partículas sólidas cuyo diámetro es menor a 0,005 mm, con la propiedad de volverse plásticas al mezclarse en agua. Químicamente son un silicato de alúmina hidratado, aunque pueden contener silicatos de hierro o de magnesio hidratados.

Tabla IX. **Tipos de suelos**

| Tipo de suelo | Prefijo | Subgrupo | sufijo |
|---------------|---------|---------------------------|--------|
| Grava | G | Bien graduado | W |
| Arena | S | Pobrementemente graduado | P |
| Limo | M | Limoso | M |
| Arcilla | C | Arcilloso | C |
| Orgánico | O | Límite líquido alto (>50) | L |
| Turba | Pt | Límite líquido bajo (<50) | H |

Fuente: elaboración propia.

Al tipo de suelos gravas y arenas se les llama suelos de grano grueso, y a los limos y arcillas suelos de grano fino. La distinción reside en que puedan distinguirse las partículas a simple vista. Las partículas que tienen un tamaño mayor de 5 mm se clasifican como grava. No obstante, si el diámetro excede de aproximadamente 200 mm, se aplica regularmente el nombre de boleó. Si los

granos son visibles a simple vista pero menores a 5 mm al suelo se les nombra como arena, que puede ser gruesa, media o fina.

Una máquina sopladora produce impactos y fuerzas periódicas, por lo que la cimentación utilizada es tipo bloque y consiste en un pedestal de concreto que soporta la máquina. Con esta cimentación se evitará que los movimientos de la máquina sean excesivos, ya que originaría fallas y desperfectos, que los asentamientos debidos a los efectos dinámicos estén dentro de los límites permisibles y que se disminuyan las vibraciones.

Figura 56. **Cimentación tipo bloque**



Fuente: elaboración propia.

3.2.1. Método para reducción de vibraciones

Vibraciones son movimientos repetidos de un lado a otro en torno a una posición central o posición de equilibrio. El recorrido consiste en ir desde una posición extrema a la otra y regresar a la primera, cruzando dos veces por la posición central, denominada ciclo. El número de ciclos por segundo, o Hertz

(Hz), es conocido como frecuencia de la oscilación.

Un análisis de vibraciones separa las vibraciones por frecuencia, determinando si existen niveles peligrosos de vibración, además de establecer el origen de estos. Según el análisis de vibraciones puede determinarse el régimen de funcionamiento de los equipos rotativos. Por ejemplo, puede determinarse si una máquina está desbalanceada, desalineada, si tiene problemas de cojinetes averiados, entre otros.

El programa de inspecciones de análisis vibracional se hace con uno de los equipos más avanzados, entre los cuales está el vibrotest 60, de compañías europeas, el que permite realizar una identificación exacta del estado de la máquina y de los fallos, prevención de paradas de producción no programadas, extensión de intervalos entre inspecciones, así como la óptima planificación de reparaciones. El análisis es realizado con las siguientes variantes:

- Servicio de arranque: cuando se certifica la condición de funcionamiento de un nuevo equipo o reacondicionado, si está en los parámetros admisibles y la vida útil del servicio de arranque.
- Servicio de emergencia: cuando se realizan todos los análisis posibles para llegar a establecer la causas de las vibraciones con su respectiva acción correctiva.
- Servicio de monitoreo periódico: cuando se establecen los parámetros a medir en una población de equipos; lleva el siguiente procedimiento: captación de datos, análisis de datos adquiridos y reporte de acciones correctivas.

Las vibraciones de la máquina se medirán mediante un medidor de vibraciones global y portátil. Este entrega un valor escala mediante los parámetros de aceleración, velocidad y desplazamiento de vibración.

Figura 57. **Medidor de vibraciones**



Fuente: *Imágenes google*. www.google.com/imagenes.com. Consulta: 4 de enero de 2017.

3.3. Diseño de tuberías de aire comprimido

Para la propuesta de montaje de la instalación de una máquina sopladora para aumentar la eficiencia en una planta de manufactura de plástico, es de suma relevancia analizar, en primer lugar, la cimentación y anclaje necesarios que se describieron previamente. En los siguientes párrafos se desarrolla el tema del diseño de tuberías de aire comprimido, que incluye varios procesos, iniciando con la demanda de la maquinaria nueva, las dimensiones y características de la tubería, así como el tipo de material, finalizando con los golpes de ariete y pérdidas de presión, es decir, los puntos de purga apropiados.

3.3.1. Demanda de la maquinaria nueva

Es el consumo de aire de la máquina que está en estudio (máquina sopladora). En este caso, según el fabricante de la máquina UNILOY R70, el flujo de aire debe ser 2,7 m³/min a 6,9 bares (100 lb/pulg²) como mínimo. Según el fabricante se debe utilizar tubería de 25 mm (1 pulg) como mínimo.

3.3.2. Dimensiones y características de la tubería

Existen distintos métodos para dimensionar la tubería, y debido a que se cuenta con los datos de caudal y presión es necesario considerar una velocidad de 25 m/s para evitar ruido en la tubería y erosión. Se utiliza el método en función del caudal.

Datos:

- Flujo volumétrico: 2,7m³/min
- Presión: 6,9 bares
- Velocidad 25 m/s

Para este método es necesario obtener el flujo másico y para esto se considera el aire a 20 oC de temperatura, y según la tabla la densidad es de 1,20 Kg/m³. Se calcula:

$$\begin{aligned} \text{Flujo masico} &= \text{densidad} \times \text{flujo volumetrico} \\ \text{Flujo masico} &= 1.20 \text{ kg/m}^3 \times 2.7 \text{ m}^3/\text{min} = 3.24 \text{ kg/min} \\ 3.24 \text{ kg/min} &\times 60 \text{ min/h} = 194.4 \text{ kg/h} \end{aligned}$$

Con base en la tabla se obtiene el diámetro:

$$D = 25\text{mm} = 1 \text{ pulg}$$

La respuesta obtenida es de 1 pulg de diámetro, misma dimensión que el fabricante recomienda.

Tabla X. **Capacidad de tubería para velocidades específicas**

| Presión bar | Velocidad | | kg/h | | | | | | | | | | |
|----------------|-----------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--|
| | m/s | 15mm | 20mm | 25mm | 32mm | 40mm | 50mm | 65mm | 80mm | 100mm | 125mm | 150mm | |
| 0,4 | 15 | 7 | 14 | 21 | 37 | 52 | 99 | 145 | 213 | 394 | 648 | 917 | |
| | 25 | 10 | 25 | 40 | 62 | 92 | 162 | 265 | 384 | 675 | 972 | 1 457 | |
| | 40 | 17 | 35 | 54 | 102 | 142 | 265 | 403 | 576 | 1 037 | 1 670 | 2 303 | |
| 0,7 | 15 | 7 | 16 | 25 | 40 | 59 | 109 | 166 | 250 | 431 | 680 | 1 006 | |
| | 25 | 12 | 25 | 45 | 72 | 100 | 182 | 287 | 430 | 716 | 1 145 | 1 575 | |
| | 40 | 18 | 37 | 68 | 106 | 167 | 298 | 428 | 630 | 1 108 | 1 712 | 2 417 | |
| 1,0 | 15 | 8 | 17 | 29 | 43 | 65 | 112 | 182 | 260 | 470 | 694 | 1 020 | |
| | 25 | 12 | 26 | 48 | 72 | 100 | 193 | 300 | 445 | 730 | 1 160 | 1 660 | |
| | 40 | 19 | 39 | 71 | 112 | 172 | 311 | 465 | 640 | 1 150 | 1 800 | 2 500 | |
| 2,0 | 15 | 12 | 25 | 45 | 70 | 100 | 182 | 280 | 410 | 715 | 1 125 | 1 580 | |
| | 25 | 19 | 43 | 70 | 112 | 162 | 295 | 428 | 656 | 1 215 | 1 755 | 2 520 | |
| | 40 | 30 | 64 | 115 | 178 | 275 | 475 | 745 | 1 010 | 1 895 | 2 925 | 4 175 | |
| 3,0 | 15 | 16 | 37 | 60 | 93 | 127 | 245 | 385 | 535 | 925 | 1 505 | 2 040 | |
| | 25 | 26 | 56 | 100 | 152 | 225 | 425 | 632 | 910 | 1 580 | 2 480 | 3 440 | |
| | 40 | 41 | 87 | 157 | 250 | 375 | 595 | 1 025 | 1 460 | 2 540 | 4 050 | 5 940 | |
| 4,0 | 15 | 19 | 42 | 70 | 108 | 156 | 281 | 432 | 635 | 1 166 | 1 685 | 2 460 | |
| | 25 | 30 | 63 | 115 | 180 | 270 | 450 | 742 | 1 080 | 1 980 | 2 925 | 4 225 | |
| | 40 | 49 | 116 | 197 | 295 | 456 | 796 | 1 247 | 1 825 | 3 120 | 4 940 | 7 050 | |
| 5,0 | 15 | 22 | 49 | 87 | 128 | 187 | 352 | 526 | 770 | 1 295 | 2 105 | 2 835 | |
| | 25 | 36 | 81 | 135 | 211 | 308 | 548 | 885 | 1 265 | 2 110 | 3 540 | 5 150 | |
| | 40 | 59 | 131 | 225 | 338 | 495 | 855 | 1 350 | 1 890 | 3 510 | 5 400 | 7 870 | |
| 6,0 | 15 | 26 | 59 | 105 | 153 | 225 | 425 | 632 | 925 | 1 555 | 2 525 | 3 400 | |
| | 25 | 43 | 97 | 162 | 253 | 370 | 658 | 1 065 | 1 520 | 2 530 | 4 250 | 6 175 | |
| | 40 | 71 | 157 | 270 | 405 | 595 | 1 025 | 1 620 | 2 270 | 4 210 | 6 475 | 9 445 | |
| 7,0 | 15 | 29 | 63 | 116 | 165 | 260 | 445 | 705 | 952 | 1 815 | 2 765 | 3 990 | |
| | 25 | 49 | 114 | 190 | 288 | 450 | 785 | 1 205 | 1 750 | 3 025 | 4 815 | 6 900 | |
| | 40 | 76 | 177 | 322 | 455 | 690 | 1 210 | 1 865 | 2 520 | 4 585 | 7 560 | 10 880 | |
| 8,0 | 15 | 32 | 70 | 126 | 190 | 285 | 475 | 800 | 1 125 | 1 990 | 3 025 | 4 540 | |
| | 25 | 54 | 122 | 205 | 320 | 465 | 810 | 1 260 | 1 870 | 3 240 | 5 220 | 7 120 | |
| | 40 | 84 | 192 | 327 | 510 | 730 | 1 370 | 2 065 | 3 120 | 5 135 | 8 395 | 12 470 | |
| 10,0 | 15 | 41 | 95 | 155 | 250 | 372 | 626 | 1 012 | 1 465 | 2 495 | 3 995 | 5 860 | |
| | 25 | 66 | 145 | 257 | 405 | 562 | 990 | 1 530 | 2 205 | 3 825 | 6 295 | 8 995 | |
| | 40 | 104 | 216 | 408 | 615 | 910 | 1 635 | 2 545 | 3 600 | 6 230 | 9 880 | 14 390 | |
| 14,0 | 15 | 50 | 121 | 205 | 310 | 465 | 810 | 1 270 | 1 870 | 3 220 | 5 215 | 7 390 | |
| | 25 | 85 | 195 | 331 | 520 | 740 | 1 375 | 2 080 | 3 120 | 5 200 | 8 500 | 12 560 | |
| | 40 | 126 | 305 | 555 | 825 | 1 210 | 2 195 | 3 425 | 4 735 | 8 510 | 13 050 | 18 630 | |

Fuente: Spirax/Sarco. *Manual de redes de vapor*. <http://www.spiraxsarco.com/global/mx/News/Documents/Catalogo%20Spirax%20Sarco%20Me%CC%81xico.pdf>. Consulta: 4 de noviembre de 2017.

3.3.2.1. Tipo de material

Los tipos de material más utilizados para las tuberías de vapor son: hierro galvanizado, acero, aluminio y hierro negro, los cuales se describen a continuación:

- Hierro galvanizado: es el hierro revestido de cinc que evita la corrosión o herrumbre. El procedimiento de galvanización en discontinuo de artículos distintos, o galvanización general como habitualmente se le conoce, es un procedimiento de aplicación de un recubrimiento de zinc en piezas de acero. Dicha fundición es a través de inmersión de las mismas a través de un baño de zinc fundido.

Tabla XI. **Características del hierro galvanizado**

| | |
|---------------------------|---|
| Barrera física | El recubrimiento posee mayor dureza y resistencia que cualquier otro tipo de recubrimiento. |
| Protección electroquímica | Con el paso del tiempo se forma una fina capa de óxido de zinc que actúa como aislante del galvanizado. |
| Autocurado | Ante raspaduras superficiales, se produce un taponamiento por reacción química de la superficie dañada. |

Fuente: elaboración propia.

- Acero: es el material de ingeniería más utilizado. El nombre de acero abarca una amplia gama de materiales que en diferentes casos poseen aplicaciones detalladas y generalmente tienen en el tratamiento térmico una etapa necesaria para una adecuada utilización. Los aceros por lo general son forjables, y esta una cualidad muy relevante que los distingue. Si la proporción de C es superior a 1,76 %, las aleaciones de

Fe-C se nombran fundiciones, siendo la máxima proporción de C aleado del 6,67 %, que corresponde a la cementita pura. Además, el acero es un material férrico, por contener hierro, y se compone de carbono en un porcentaje inferior al 2 %. En la tabla siguiente se presentan las propiedades del acero:

Tabla XII. **Propiedades del acero**

| Color | Blanco grisáceo |
|---|--|
| Fusibilidad | Punto de fusión muy alto (1300°C a 1530°C) |
| Peso específico | Pesado (7,6- 7,8 gr/cm ³) |
| Toxicidad (c. normales) | No es tóxico |
| En las aleaciones Fe-C pueden encontrarse hasta once constituyentes diferentes, que se denominan: ferrita, cementita, perlita, austenita, martensita, troostita sorbita, bainita, ledeburita, steadita y grafito. | |

Fuente: elaboración propia.

- Acero inoxidable: acero aleado con níquel y cromo, que puede permanecer desnudo y resulta ser completamente inalterable; se usa en platos, cazos y cuberterías. Entre las ventajas del acero inoxidable está que resiste eternamente al agua y a los detergentes, es perfectamente sano y no altera ni el sabor ni el color de los alimentos.

Existen tipos de acero inoxidable que tienen además otros elementos aleantes. Los primordiales son el níquel y el molibdeno. Es una clase de acero resistente a la corrosión, el cromo que tiene gran afinidad por el oxígeno y reacciona con él, creando una capa pasivadora que impide la corrosión del hierro contenido en la aleación. No obstante, esta película puede afectarse por algunos ácidos, proporcionando lugar a un ataque y oxidación del hierro por mecanismos intergranulares o picaduras generalizadas.

Hay distintas clases de acero inoxidable y no todos son apropiados para aplicaciones estructurales, especialmente cuando se llevan a cabo operaciones de soldadura. Existen cinco grupos básicos de acero inoxidable, clasificados de acuerdo con su estructura metalúrgica: austeníticos, martensíticos, ferríticos, dúplex y de precipitación endurecimiento.

A los aceros inoxidables que únicamente contienen cromo se les llama "ferríticos", por tener una estructura metalográfica formada básicamente por ferrita. Son magnéticos y se diferencian porque son atraídos por un imán. Estos aceros, con elevados porcentajes de carbono, son templeables, y pueden endurecerse por tratamiento térmico, llamándose aceros inoxidables "martensíticos", por tener martensita en su estructura metalográfica.

A los aceros inoxidables que tienen más de un 7 % de níquel se les llama "austeníticos", ya que tienen una estructura metalográfica en estado recocido, creada básicamente por austenita. No son magnéticos en estado recocido y por lo mismo no son atraídos por un imán. Estos aceros austeníticos pueden endurecerse por deformación, pasando su estructura metalográfica a contener "martensita". En esta situación se convierten parcialmente en magnéticos.

Los aceros inoxidables austeníticos y dúplex son, en general, los grupos más empleados en aplicaciones estructurales. Los aceros inoxidables austeníticos facilitan una buena mezcla de resistencia a la corrosión y de las propiedades de fabricación. Los aceros inoxidables dúplex poseen una resistencia elevada, además de una alta resistencia al desgaste, con una muy buena resistencia a la corrosión bajo tensión. En la tabla XIII se presentan los valores mínimos especificados para las propiedades mecánicas de los aceros inoxidables más comunes según EN 10088.

- Aluminio: es el tercer elemento más abundante de la tierra, uno de los componentes primordiales de la corteza terrestre conocida, con una proporción del 8,13 %, superior a la del hierro, que es de un 5 %, y solamente superada en los metaloides por el silicio 26,5 %.

Además, el aluminio no se encuentra puro en su naturaleza, sino que forma parte de los minerales, y los más relevantes son las bauxitas, que están formadas por un 62-65 % de alúmina (Al_2O_3), así como un 28 % de óxido de hierro (Fe_2O_3), 12-30 % de agua de hidratación (H_2O) e incluso un 8 % de sílice (SiO_2).

Tabla XIII. **Propiedades del aluminio**

| Símbolo | Al |
|---------------------|-------------------------------|
| Número atómico | 13 |
| Punto de fusión | 660,32 °C |
| Punto de ebullición | 2 519 °C |
| Densidad | 2,70 g/cm ³ a 20°C |
| Color | Plateado-Blanco |

Fuente: elaboración propia.

- Hierro negro: la definición de acero negro se usa para hacer referencia a la tubería de acero que posee una capa de óxido negro en la superficie. Esta capa de óxido negro se forma en el momento en que el tubo es forjado y típicamente sellado con un aceite protector para evitar la corrosión.

Debido a esta capa de óxido y a la cubierta protectora, las tuberías de acero negro requieren poco mantenimiento y son utilizadas en una gran variedad de aplicaciones, entre los servicios de agua, vapor, aire y gas. En este

caso se recomienda el uso de hierro negro por sus características (presión, costo de material, costo de instalación).

Tabla XIV. **Comparación de materiales de tubería**

| Material | Ventajas | Desventajas |
|--------------------|--|---|
| Hierro negro | Costo moderado Disponible en varios tamaños | Instalación de gasto considerable Se oxida Aspereza interior ocasiona caída de presión |
| Hierro galvanizado | Materiales de costo moderado Disponible en varios tamaños En ocasiones anticorrosivo | Instalación de gasto considerable Se oxida en las uniones Aspereza interior ocasiona sedimentación y caída de presión Solo la superficie externa suele estar protegida |
| Cobre | No se oxida Uniformidad de la superficie interior Reduce la caída de presión | Susceptible a ciclos térmicos Su instalación exige uso de soplete |
| Acero | No se oxida Uniformidad de la superficie interior Reduce la caída de presión | Instalación de gasto considerable Material costoso |

Fuente: elaboración propia.

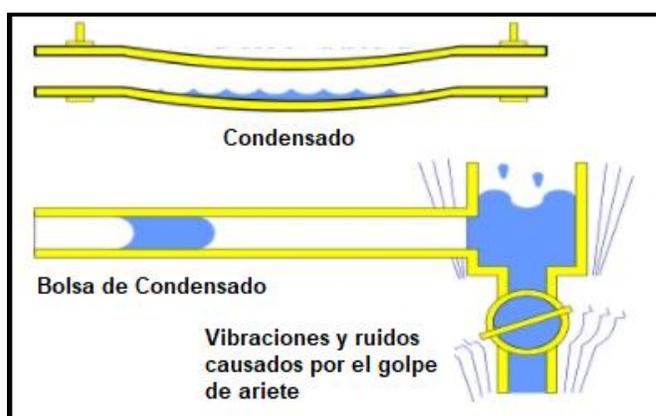
Luego del análisis de todos los materiales, y al realizar un balance entre las ventajas y desventajas de cada uno ellos, se recomienda que el material que más se adapta a las necesidades de la instalación de la máquina es el hierro galvanizado, al mismo se le debe dar mantenimiento anualmente.

3.3.3. Golpes de ariete y pérdidas de presión

En la propuesta del montaje de la instalación de la máquina, es importante describir el diseño de tuberías de aire comprimido, que a su vez surge del tema de golpes de ariete y pérdidas de presión. Se describe que el golpe de ariete es un fenómeno, también denominado transitorio, que consiste en la alternancia de depresiones y sobrepresiones debido al movimiento oscilatorio del agua en el interior de la tubería.

El golpe de ariete se produce cuando el condensado, en lugar de ser purgado en los puntos bajos del sistema, es arrastrado por el vapor a lo largo de la tubería, y para bruscamente al impactar en algún obstáculo del sistema. Entonces las gotas de condensado acumuladas a lo largo de la tubería terminan formando una bolsa 'líquida' de agua que es arrastrada por la tubería a la velocidad del vapor. A continuación se muestra un esquema de este efecto:

Figura 58. **Formación de una bolsa líquida**



Fuente: Spirax/Sarco. *Manual de redes de vapor*. <http://www.spiraxsarco.com/global/mx/News/Documents/Catalogo%20Spirax%20Sarco%20Me%CC%81xico.pdf>. Consulta: 4 de noviembre de 2017.

La bolsa de agua mostrada en la figura anterior es incompresible y, cuando discurre a una velocidad elevada, posee una energía cinética considerable. Al obstruirse su paso, por una curva u otro accesorio de tubería, la energía cinética es convertida en un golpe de presión que es aplicado contra el obstáculo. Regularmente se produce un ruido de golpe, que podría ser acompañado del movimiento de la tubería.

En situaciones serias los accesorios podrían romperse con un efecto casi explosivo, con la consecuente pérdida de vapor vivo en la rotura, formando así una situación peligrosa. Favorablemente, el golpe de ariete puede evitarse si se toman las medidas oportunas para no acumularse el condensado en la tubería.

Evitar el golpe de ariete continua siendo una alternativa mejor que la de intentar contenerlo eligiendo materiales adecuados y limitando la presión de los equipos. La fuente de problemas de golpe de ariete en ocasiones está en los puntos bajos de la tubería. Las áreas podrían ser:

- Pandeos en la línea.
- Uso incorrecto de reductores concéntricos y filtros. Por este motivo, en las líneas de vapor se prefiere montar filtros con la cesta horizontal.
- Purga inadecuada en líneas de vapor.

En síntesis, para minimizar las posibilidades de golpe de ariete:

- Las líneas de vapor deberán montarse con una inclinación descendente en la dirección del flujo.
- Los puntos de purga deberán instalarse a intervalos regulares y en los puntos bajos.

- Se montarán válvulas de retención después de los purgadores, ya que de otra manera se permite que el condensado se introduzca de nuevo en la línea de vapor o la planta en las paradas.
- Las válvulas de aislamiento deberán abrirse lentamente para permitir que el condensado que esté en el sistema pueda fluir sin brusquedad hacia los purgadores, antes de que el vapor a gran velocidad lo arrastre. Esto es esencial en la puesta en marcha.

Algunas herramientas para reducir los efectos del golpe de ariete son las válvulas, bomba, tanque de oscilación y cámara de aire:

- Válvulas: el golpe de ariete generalmente daña a las bombas centrífugas cuando la energía eléctrica falla. En esta situación, la mejor manera de prevención es tener las válvulas controladas automáticamente, las cuales cierran lentamente. Las válvulas hacen el trabajo sin electricidad o baterías. La dirección del flujo los controla. Al cerrarse la válvula paulatinamente se puede moderar el aumento en la presión en el momento en que las ondas de sobrepresión del agua de abajo vuelven del tanque de almacenamiento.

El aire arrastrado o los cambios de temperatura del agua podrían ser controlados por la válvula de descarga de la presión, que están fijados para abrir con presión excesiva en la línea y luego se cierran al caer la presión. Las válvulas de descarga son regularmente utilizadas en estaciones de bombeo para controlar la oleada de presión y así proteger la estación de bombeo. Estas válvulas podrían ser un método efectivo de control transitorio. No obstante, deben ser propiamente clasificadas y seleccionadas para efectuar la tarea para la que están previstas sin causar efectos secundarios. Entonces, si la presión baja en los puntos elevados, una válvula liberadora de aire y de vacío podría

utilizarse. Todos los descensos donde las presiones puedan bajar mucho deben ser protegidos con válvulas liberadoras de aire.

- Bomba: los problemas de operación en el arranque de la bomba pueden regularmente ser evitados aumentando el flujo en la tubería lentamente hasta colapsar o desalojar los espacios de aire suavemente. Inclusive, un simple medio para reducir las oscilaciones hidráulicas de presión es mantener bajas velocidades en la tubería. Esto no resultará solo en oscilaciones bajas de presión, además resultará en bajos niveles de caballos de fuerza en la operación, para así conseguir una máxima economía de operación.
- Tanque de oscilación: en las tuberías muy largas, las oscilaciones podrían ser liberadas con un tanque de agua directamente conectado a la tubería, nombrado tanque de oscilación. Cuando la oscilación se encuentra, el tanque actuará hacia liberar la presión y lograr almacenar el líquido excesivo, proporcionando al flujo un almacenamiento alternativo mejor que el proporcionado por la expansión de la pared de la tubería y compresión del fluido. Los tanques de oscilación podrían servir para ambas fluctuaciones (positivas y negativas).

Asimismo, los tanques de oscilación pueden ser diseñados para brindar flujo al sistema durante una oscilación agua abajo, de esta forma previenen o minimizan la separación de la columna de vapor. No obstante, los tanques de oscilación pueden ser un dispositivo de control costoso.

- Cámara de aire: las cámaras de aire se instalan en áreas donde se podría encontrar el golpe de ariete con frecuencia y típicamente se observan detrás de accesorios de los lavabos y la tina de baño.

De manera fina, como botellas volteadas al revés y con un pequeño orificio acoplado a la tubería, están llenos de aire. El aire se comprime para absorber el choque, protegiendo la tubería y los accesorios.

El golpe de ariete seguirá presentando un reto a ingenieros y operadores, ya que estropea el sistema de abastecimiento de fluido, a veces causa daños al diseño y estructura de las tuberías, no importando el tipo de material que las forme. La fuerza que produce es proporcional a la longitud del conducto, ya que las ondas de sobrepresión se cargarán de más energía.

3.3.3.1. Puntos de purga

Los purgadores son el método más eficaz de drenar el condensado de un sistema de distribución de vapor o de aire comprimido. Los purgadores utilizados para drenar la línea deben ser los más adecuados para el sistema y tener la capacidad exacta para evacuar la cantidad de condensado que llegue a ellos, bajo las presiones diferenciales que estén en cada momento. Para la especificación de un purgador en una línea de distribución se deben tomar en cuenta los siguientes aspectos.

- El purgador debe descargar en una banda próxima a la temperatura de saturación. Es decir que a menudo la elección está en purgadores mecánicos, como los de boya o de cubeta invertida, y los purgadores termodinámicos.
- Cuando las tuberías discurren por el exterior de edificios y existe la posibilidad de heladas, el purgador termodinámico es el más correcto porque, aunque se pare la línea y se produzcan heladas, el purgador termodinámico se descongela sin alteración y sufrir daños cuando se continúa con la instalación.

- Los purgadores de boya son la elección primordial para evacuar el condensado de los separadores, ya que alcanzan altas capacidades de descarga y su respuesta es inmediata a los aumentos rápidos de caudal.
- Los purgadores termodinámicos son los adecuados para purgar líneas de gran diámetro y longitud, esencialmente cuando el servicio es continuo.

Además, es importante resaltar que en el diseño de tuberías de aire comprimido es ineludible la colocación de purgadores-separadores, para tener la tubería de aire comprimido libre de condensado, evitando la corrosión en la tubería, el golpe de ariete y ayudando al adecuado funcionamiento de la herramienta, al prevenir que el condensado elimine el lubricante que usa la misma.

- Instalación de accesorios: los purgadores deben instalarse en los puntos más bajos de las pendientes y sin exceder una longitud de 100 pies entre ellos, evitando así una acumulación excesiva de condensado, que afecta a las herramientas y equipos neumáticos si llegan a estas.

En cuanto a diseño y cálculo de purgadores y separadores, al definir un purgador lo primero que hay que plantearse lo siguiente:

- Eliminación de aire: en la puesta en marcha el purgador debe descargar aire, hasta que este sea desplazado y el vapor no pueda ocupar su espacio propio y el calentamiento se haga lento. Las pérdidas precisas aumentan y la eficiencia de la planta disminuye. En este caso los purgadores termostáticos tienen una clara ventaja sobre otros elementos, ya que están totalmente abiertos en la puesta en marcha.

Extracción de condensado: ya eliminado el aire, el purgador deberá eliminar el condensado pero no el vapor. Los escapes de vapor en este punto mezclan un proceso poco eficiente y no económico. Por lo mismo, es útil el purgador y darle paso al condensado generado pero no al vapor. Cada modelo y tipo de purgador tiene unas características detalladas de capacidad de extracción de condensados y habrá que elegir la que se adapte a las características de caudal de condensado formado en cada punto de la instalación.

Cuando se escoge un purgador lo primero que hay que considerar es la necesidad del proceso. Esto hará elegir una familia de purgadores. La forma en que el proceso está conectado al sistema de vapor y condensado elegirá el tipo de purgador que trabajará mejor en esas circunstancias. Una vez escogido, es preciso dimensionar el purgador. Esto estará establecido por las condiciones del sistema y los parámetros del procedimiento como:

- Temperaturas y caudales
- Presiones de trabajo de vapor y condensado
- Presiones máximas de vapor y condensado

La fiabilidad, evidentemente, es una cuestión significativa, pues es la posibilidad de laborar en condiciones normales con requerimientos mínimos de atención.

Figura 59. Válvulas de purga para tuberías



Fuente: google/imágenes.com. Consulta: 2017.

Las válvulas de purga pueden usarse en elementos de instrumentación como *manifolds* o válvulas con toma para manómetros, y para ventear la presión de la conducción de señal a la atmósfera antes de retirar un elemento, o para facilitar la calibración de los dispositivos de control.

- Compactas para facilitar la instalación.
- Conexiones finales SAE y NPT macho.
- Orificio de 3,2 mm (0,125 pulg); coeficiente de caudal (Cv) de 0,25.
- Presiones de servicio hasta 689 bar (10 000 psig).
- Temperaturas hasta 454° C (850° F).
- Materiales de acero inoxidable 316, acero al carbono, aleación 400 o aleación C-276.

Figura 60. **Tapones de purga para tuberías**



Fuente: google/imágenes.com. Consulta: 2017.

3.4. Diseño de tuberías de agua

Para la propuesta del montaje de la máquina se toma en cuenta la cimentación de anclaje necesaria, se analizan los tipos de suelos recomendados, es necesario analizar los diseños de tuberías de aire comprimido y es de suma relevancia el diseño de tuberías de agua, que se analiza en los siguientes apartados.

3.4.1. Demanda de la maquinaria nueva

Según fabricante, para la máquina UNILOY R70 la presión debe ser 4,1 bares (60lb/pulg²) a 38 litros/min.

3.4.2. Dimensiones y características de la tubería

Se realiza el mismo método y cálculo realizado en la tubería de aire, la velocidad es de 25m/s para evitar ruido en la tubería y erosión. Se utiliza el método en función del caudal:

Datos:

Flujo volumétrico: 38 litros /min = 0,038 m³/min

Presión: 4,1 bares

Velocidad: 25 m/s

Para este método es necesario obtener el flujo másico y para esto se considera el agua a 100 oC de temperatura, y según la tabla la densidad es de 958kg/m³:

$$\text{Flujo masico} = \text{densidad} \times \text{flujo volumetrico}$$

$$\text{Flujo masico} = 958 \text{ kg/m}^3 \times 0.038 \text{ m}^3/\text{min} = 36.40 \text{ kg/min}$$

$$36.40 \text{ kg/min} \times 60\text{min/h} = 2184.24 \text{ kg/h}$$

Tabla XV. Dimensiones de las tuberías

| Presión bar | Velocidad m/s | kg/h | | | | | | | | | | | |
|----------------|------------------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--|
| | | 15mm | 20mm | 25mm | 32mm | 40mm | 50mm | 65mm | 80mm | 100mm | 125mm | 150mm | |
| 0,4 | 15 | 7 | 14 | 24 | 37 | 52 | 99 | 145 | 213 | 394 | 646 | 917 | |
| | 25 | 10 | 25 | 40 | 62 | 92 | 162 | 265 | 384 | 675 | 972 | 1 457 | |
| | 40 | 17 | 35 | 64 | 102 | 142 | 265 | 403 | 576 | 1 037 | 1 670 | 2 303 | |
| 0,7 | 15 | 7 | 16 | 25 | 40 | 59 | 109 | 166 | 250 | 431 | 680 | 1 006 | |
| | 25 | 12 | 25 | 45 | 72 | 100 | 182 | 287 | 430 | 716 | 1 145 | 1 575 | |
| | 40 | 18 | 37 | 68 | 106 | 167 | 298 | 428 | 630 | 1 108 | 1 712 | 2 417 | |
| 1,0 | 15 | 8 | 17 | 29 | 43 | 65 | 112 | 182 | 260 | 470 | 694 | 1 020 | |
| | 25 | 12 | 26 | 48 | 72 | 100 | 193 | 300 | 445 | 730 | 1 160 | 1 660 | |
| | 40 | 19 | 39 | 71 | 112 | 172 | 311 | 465 | 640 | 1 150 | 1 800 | 2 500 | |
| 2,0 | 15 | 12 | 25 | 45 | 70 | 100 | 182 | 280 | 410 | 715 | 1 125 | 1 580 | |
| | 25 | 19 | 43 | 70 | 112 | 162 | 295 | 428 | 656 | 1 215 | 1 755 | 2 520 | |
| | 40 | 30 | 64 | 115 | 178 | 275 | 475 | 745 | 1 010 | 1 895 | 2 925 | 4 175 | |
| 3,0 | 15 | 16 | 37 | 60 | 93 | 127 | 245 | 385 | 535 | 925 | 1 505 | 2 040 | |
| | 25 | 26 | 56 | 100 | 152 | 225 | 425 | 632 | 910 | 1 580 | 2 480 | 3 440 | |
| | 40 | 41 | 87 | 157 | 250 | 375 | 595 | 1 025 | 1 460 | 2 540 | 4 050 | 5 940 | |
| 4,0 | 15 | 19 | 42 | 70 | 108 | 156 | 281 | 432 | 635 | 1 166 | 1 885 | 2 460 | |
| | 25 | 30 | 63 | 115 | 180 | 270 | 450 | 742 | 1 080 | 1 980 | 2 925 | 4 225 | |
| | 40 | 49 | 116 | 197 | 295 | 456 | 796 | 1 247 | 1 825 | 3 120 | 4 940 | 7 050 | |
| 5,0 | 15 | 22 | 49 | 87 | 128 | 187 | 352 | 526 | 770 | 1 295 | 2 105 | 2 835 | |
| | 25 | 36 | 81 | 135 | 211 | 308 | 548 | 885 | 1 265 | 2 110 | 3 540 | 5 150 | |
| | 40 | 59 | 131 | 225 | 338 | 495 | 855 | 1 350 | 1 890 | 3 510 | 5 400 | 7 870 | |
| 6,0 | 15 | 26 | 59 | 105 | 153 | 225 | 425 | 632 | 925 | 1 555 | 2 525 | 3 400 | |
| | 25 | 43 | 97 | 162 | 253 | 370 | 658 | 1 065 | 1 520 | 2 530 | 4 250 | 6 175 | |
| | 40 | 71 | 157 | 270 | 405 | 595 | 1 025 | 1 620 | 2 270 | 4 210 | 6 475 | 9 445 | |
| 7,0 | 15 | 29 | 63 | 110 | 165 | 260 | 445 | 705 | 952 | 1 815 | 2 765 | 3 990 | |
| | 25 | 49 | 114 | 190 | 288 | 450 | 785 | 1 205 | 1 750 | 3 025 | 4 815 | 6 900 | |
| | 40 | 76 | 177 | 303 | 455 | 690 | 1 210 | 1 865 | 2 520 | 4 585 | 7 560 | 10 880 | |
| 8,0 | 15 | 32 | 70 | 126 | 190 | 285 | 475 | 800 | 1 125 | 1 990 | 3 025 | 4 540 | |
| | 25 | 54 | 122 | 205 | 320 | 465 | 810 | 1 260 | 1 870 | 3 240 | 5 220 | 7 120 | |
| | 40 | 84 | 192 | 327 | 510 | 730 | 1 370 | 2 065 | 3 120 | 5 135 | 8 395 | 12 470 | |
| 10,0 | 15 | 41 | 95 | 155 | 250 | 372 | 626 | 1 012 | 1 465 | 2 495 | 3 995 | 5 860 | |
| | 25 | 66 | 145 | 257 | 405 | 562 | 990 | 1 530 | 2 205 | 3 825 | 6 295 | 8 995 | |
| | 40 | 104 | 216 | 408 | 615 | 910 | 1 635 | 2 545 | 3 600 | 6 230 | 9 880 | 14 390 | |
| 14,0 | 15 | 50 | 121 | 205 | 310 | 465 | 810 | 1 270 | 1 870 | 3 220 | 5 215 | 7 390 | |
| | 25 | 85 | 195 | 331 | 520 | 740 | 1 375 | 2 080 | 3 120 | 5 200 | 8 500 | 12 560 | |
| | 40 | 126 | 305 | 555 | 825 | 1 210 | 2 195 | 3 425 | 4 735 | 8 510 | 13 050 | 18 630 | |

Fuente: Spirax/Sarco. *Manual de redes de vapor*. <http://www.spiraxsarco.com/global/mx/News/Documents/Catalogo%20Spirax%20Sarco%20Me%CC%81xico.pdf>. Consulta: 4 de noviembre de 2017.

Con base en la tabla se obtiene el diámetro:

$$D= 125\text{mm} = 5 \text{ pulg}$$

3.4.2.1. Tipo de material

Dependiendo del material con el que están fabricados las distintas clases de tuberías, así como su diámetro, pueden ser utilizadas para drenar, suministrar o transportar distintos recursos energéticos. Sin embargo, los tipos de materiales de las tuberías de agua son el galvanizado, cobre y acero inoxidable, temas que se describieron bajo el título Tipo de material, del capítulo 3. Con el objetivo de obtener buenos resultados es ineludible que se verifiquen las condiciones siguientes:

- Una correcta utilización de aceros adecuados para galvanización.
- El diseño de las piezas debe ser el adecuado para la galvanización.
- El peso de las piezas se establece por los dispositivos de elevación y transporte en el taller de galvanización.
- Las dimensiones de las piezas deben adecuarse al tamaño de los crisoles de galvanización.
- Un adecuado control del estado superficial de las piezas a galvanizar.

Para un correcto cumplimiento de las condiciones nombradas con anterioridad, estarán encargadas a los proyectistas y fabricantes de las piezas o construcciones metálicas que se galvanicen. Estos deben asegurarse de que las construcciones sean las adecuadas para la galvanización y que estén libres de contaminantes, como los restos de pintura, escorias de soldadura, productos de soldadura y otros. También es indispensable que las piezas estén completamente limpias de grasa y aceites.

En el proceso del acero galvanizado primero se elaboran las piezas de acero individuales en la forma requerida, como por ejemplo las llaves, clavos, tubos, láminas, alambre, anillas, entre otros. De igual forma una pieza de acero galvanizado industrial, con una capa de zinc de tan solo 0,1 mm de grosor, dura hasta 70 años en condiciones normales y sin un mantenimiento especial.

El cobre ocupa el vigésimo quinto lugar en abundancia en los elementos de la corteza terrestre, asimismo puede encontrarse en estado puro, pero con frecuencia se halla mezclado con diversidad de metales como la plata, el oro, el bismuto y el plomo, y también aparece en partículas diminutas en rocas.

La microestructura muestra de forma predominante una solución sólida monofásica; la conducta es similar a los latones con contenidos de Zn > 32 %. Su composición: 7-20 % Ni; 14-46 % Zn. El cobre es usado en instrumentos decorativos, para comida y musicales también. Indistintamente se han encontrado objetos de este metal en las ruinas de diversas civilizaciones antiguas, como en Asia Menor, Egipto, China, sureste de Europa, Chipre, de donde proviene el vocablo cobre, Creta y América del Sur. Se muestran las propiedades del cobre en la siguiente tabla:

Tabla XVI. **Propiedades del Cobre**

| Símbolo | Cu |
|---------------------|--------------------------------|
| Número atómico | 29 |
| Punto de fusión | 1,083 °C |
| Punto de ebullición | 2,567 °C |
| Densidad | 8,90 g/cm ³ a 20 °C |
| Color | Pardo-Rojizo |

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVII. Valores de las propiedades mecánicas de acero inoxidable

| | Grado | Producto ¹⁾ | Espesor máximo (mm) | Mínima resistencia ²⁾ correspondiente al 0.2% (N/mm ²) | Resistencia última a tracción (N/mm ²) | Alargamiento de rotura (%) |
|--|--------|------------------------|---------------------|---|--|----------------------------|
| Aceros inoxidables austeníticos básicos de cromo y níquel | 1.4301 | C | 8 | 230 | 540 – 750 | 45 ⁽³⁾ |
| | | H | 13,5 | 210 | 520 – 720 | 45 ⁽³⁾ |
| | | P | 75 | 210 | 520 – 720 | 45 |
| Aceros inoxidables austeníticos de molibdeno, cromo y níquel | 1.4307 | C | 8 | 220 | 520 – 700 | 45 |
| | | H | 13,5 | 200 | 520 – 700 | 45 |
| | | P | 75 | 200 | 500 – 700 | 45 |
| Aceros inoxidables austeníticos de molibdeno, cromo y níquel | 1.4401 | C | 8 | 240 | 530 – 680 | 40 |
| | | H | 13,5 | 220 | 530 – 680 | 40 |
| | | P | 75 | 220 | 520 – 670 | 45 |
| Aceros inoxidables austeníticos estabilizados | 1.4404 | C | 8 | 240 | 530 – 680 | 40 |
| | | H | 13,5 | 220 | 530 – 680 | 40 |
| | | P | 75 | 220 | 520 – 670 | 45 |
| Aceros inoxidables austeníticos bajos en carbono, altos en nitrógeno | 1.4541 | C | 8 | 220 | 520 – 720 | 40 |
| | | H | 13,5 | 200 | 520 – 720 | 40 |
| | | P | 75 | 200 | 500 – 700 | 40 |
| Aceros inoxidables dúplex | 1.4571 | C | 8 | 240 | 540 – 690 | 40 |
| | | H | 13,5 | 220 | 540 – 690 | 40 |
| | | P | 75 | 220 | 520 – 670 | 40 |
| Aceros inoxidables dúplex | 1.4318 | C | 8 | 350 | 650 – 850 | 35 |
| | | H | 13,5 | 330 | 650 – 850 | 35 |
| | | P | 75 | 330 | 630 – 830 | 45 |
| Aceros inoxidables dúplex | 1.4362 | C | 8 | 450 | 650 – 850 | 20 |
| | | H | 13,5 | 400 | 650 – 850 | 20 |
| | | P | 75 | 400 | 630 – 800 | 25 |
| Aceros inoxidables dúplex | 1.4462 | C | 8 | 500 | 700 – 950 | 20 |
| | | H | 13,5 | 460 | 700 – 950 | 25 |
| | | P | 75 | 460 | 640 – 840 | 25 |

Notas:
 1) C=fleje laminado en frío, H=fleje laminado en caliente, P=chapa laminada en caliente
 2) Propiedades transversales
 3) Para material más estirado, los valores mínimos son un 5% más bajos

Fuente: Spirax/Sarco. *Manual de redes de vapor*. <http://www.spiraxsarco.com/global/mx/News/Documents/Catalogo%20Spirax%20Sarco%20Me%CC%81xico.pdf>. Consulta: 4 de noviembre de 2017.

3.5. Accesorios y equipo necesario para las instalaciones

La eficacia y la seguridad de una instalación la determinan la cantidad y el acierto en la elección de sus accesorios. Por lo mismo, en los siguientes párrafos se desarrolla la línea de aire comprimido que a su vez presenta los accesorios correspondientes para el desarrollo de la instalación y, de igual forma, se muestran las herramientas para las instalaciones eléctricas.

3.5.1. Línea de aire comprimido

La línea de aire comprimido se compone de distintos materiales y herramientas del filtro regulador. En el siguiente párrafo se detalla la importancia del mencionado filtro en las tuberías nuevas, así como en tuberías viejas, asimismo se desarrolla la importancia de los acoples y racores para las instalaciones, y por último se describe qué tipo de manguera es la adecuada según la presión y temperatura.

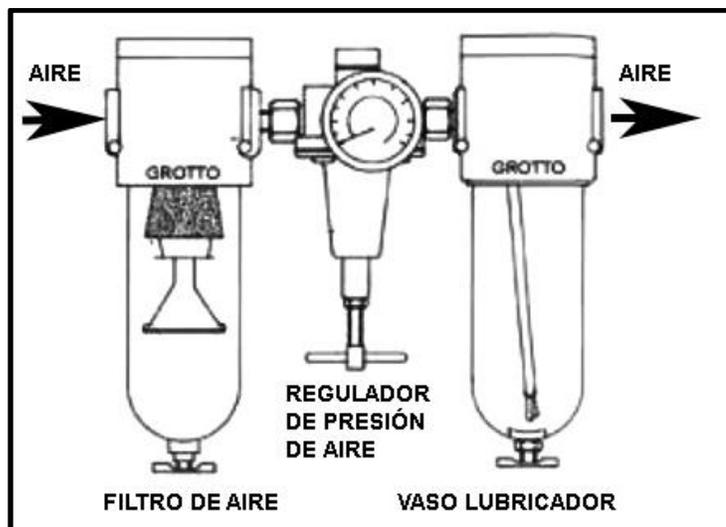
3.5.1.1. Filtro regulador

Se debe tener en cuenta que en toda tubería por la que circula un fluido, este arrastra consigo partículas de toda clase:

- En las tuberías nuevas, las partículas logran proceder de fragmentos de arena de la fundición, del embalaje, virutas metálicas del mecanizado, pedazos de varilla de soldar, tornillos de montaje y tuercas.
- En las tuberías viejas se tiene óxido, y en zonas de aguas duras, depósitos de carbonatos. Cada partícula arrastrada por el vapor a elevadas velocidades produce en los equipos abrasión y atascos que

pueden dejarlos inutilizados permanentemente. Es decir, lo más conveniente es montar un filtro simple en la tubería delante de cada purgador, aparato de medida, válvula reductora y válvula de control. Como se muestra en la figura siguiente:

Figura 61. **Filtro de aire con regulador de presión y vaso lubricador**



Fuente: Spirax/Sarco. *Manual de redes de vapor*. <http://www.spiraxsarco.com/global/mx/News/Documents/Catalogo%20Spirax%20Sarco%20Me%CC%81xico.pdf>. Consulta: 4 de noviembre de 2017.

3.5.1.2. **Acoples y racores**

Se les llama racores a ciertas uniones a las redes de aire comprimido, las cuales no son intercambiables con racores empleados para otros gases. Las tomas a la red de aire comprimido se colocan horizontalmente o hacia abajo; la conexión hacia arriba es causada por la acumulación de suciedad y se requiere el soplado antes de efectuar la conexión, lo que podría ocasionar desprendimiento de partículas a gran velocidad.

3.5.1.3. Mangueras

Utilizar mangueras es habitual para la conexión de herramientas móviles y estacionarias, por la flexibilidad que ellas manejan. Para conexiones de diámetros grandes regularmente se usa una tubería de acero con diámetros mayores de 3 pulgadas, en la utilización de mangueras son por lo general los diámetros de tubería de 2 pulgadas. Básicamente las mangueras están elaboradas por forros de *nylon*, resistente a la niebla de aceite y algún refuerzo de mayas de acero, ya que estos están expuestos a trabajos rudos como la minería y la construcción.

Es necesario resaltar que la elección de las mangueras flexibles es la correcta para la presión y temperatura del aire comprimido, igualmente en el caso de ser compatibles con el aceite de lubricación usado. Cuando se usen mangueras flexibles en medios con riesgo de atmósferas explosivas o con riesgo de incendio, se deberían emplear mangueras anti-electricidad estática.

El nivel de resistencia física de las mangueras flexibles deberá ser el adecuado al uso que se destina, se usarán mangueras de gran resistencia en el caso de conducciones semipermanentes, como en el caso de canteras, construcción, entre otros, mientras que las mangueras de tipo medio y ligero se usan en maquinaria neumática fija.

Las mangueras flexibles deben tener un trato correcto, evitando toda erosión, atrapamiento o disposición de materiales sobre ellas: una vez usadas se deben recoger y guardar correctamente. Antes de empezar el trabajo se deben examinar detenidamente las mangueras flexibles, desechando aquellas cuyo estado no garantice una seguridad absoluta, y no deben emplearse cintas aisladoras para taponar escapes.

3.5.2.1. Tomas de tierra

Es la parte de la instalación encargada de canalizar, absorber y disipar las corrientes de defecto o de origen atmosférico que son conducidas por medio de las líneas principales de tierra. Los electrodos usados para la toma de tierra son muy variables, los más frecuentes están formados por lo siguiente:

- Barras y tubos.
- Placas.
- Platinas y conductores desnudos.
- Anillos o mallas metálicas constituidas por los elementos anteriores o sus combinaciones.
- Armaduras de hormigón enterradas; con excepción de las armaduras pretensadas.
- Otras estructuras enterradas que se demuestre que son las correctas.

Los materiales usados y la profundidad de enterramiento de las tomas de tierra deberán usarse según la posible pérdida de humedad del suelo, la corrosión y la presencia del hielo y distintos factores climáticos, no aumenten su resistencia eléctrica por encima del valor previsto. La profundidad no deberá ser menor a 0,50 m. Las canalizaciones metálicas o tuberías metálicas de otros servicios nunca deben usarse como tomas de tierra por motivos de seguridad.

- Separación de circuitos.

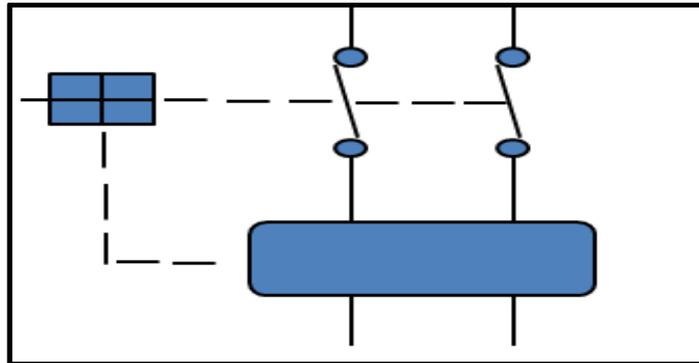
También los interruptores diferenciales protegen a las personas contra contactos directos e indirectos y sus efectos, como lo son las electrocuciones, incendios, entre otros. El diferencial se activa cuando detecta una salida indeseada de corriente eléctrica, cortando seguidamente el suministro de energía e impidiendo desagradables consecuencias. Las características primordiales que lo definen son:

- Corriente máxima admisible: límite de corriente que admite el interruptor.
- Diferencial: no corta al ser superada.
- Sensibilidad: máxima diferencia entre la corriente que entra en el circuito y la que sale antes de cortar.

La elección dependerá de la instalación a proteger, distinguiendo los tres valores siguientes:

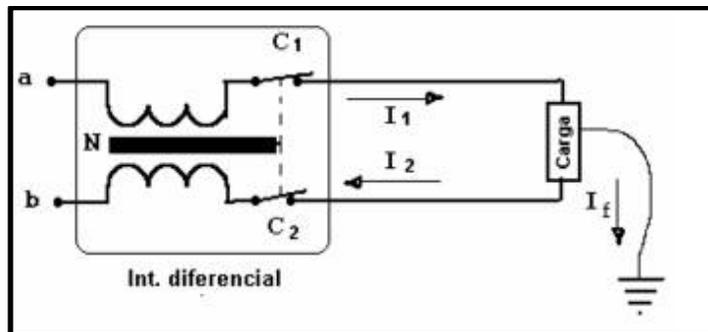
- Alta sensibilidad: 30 mA
- Media sensibilidad: 300 mA
- Baja sensibilidad: 500 mA

Figura 66. **Símbolo del interruptor diferencial**



Fuente: *Imágenes google*. google/imágenes.com. Consulta: 11 de octubre de 2017.

Figura 67. **Interruptor diferencial**



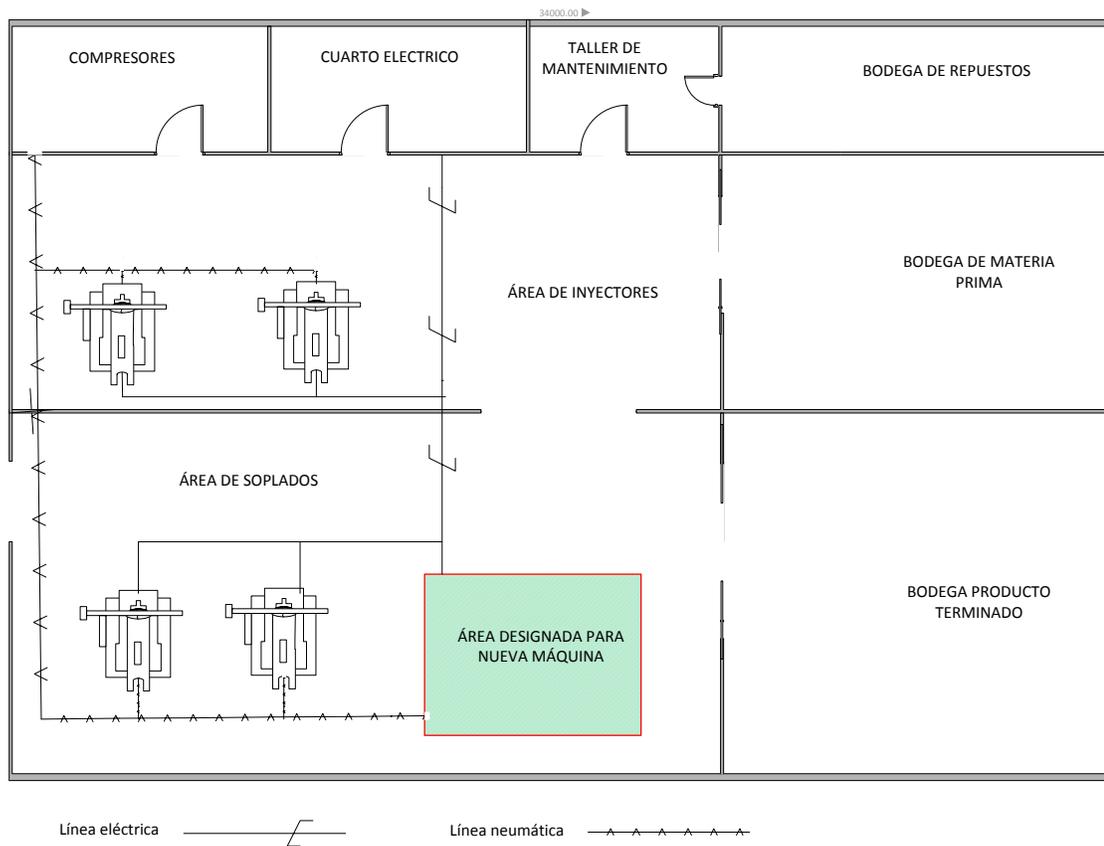
Fuente: *Imágenes google*. google/imágenes.com. Consulta: 11 de octubre de 2017.

3.5.2.3. **Magnetotérmico**

Los interruptores Automáticos Magneto-Térmicos (PIA) extrínsecamente son interruptores con los que el usuario corta el suministro de corriente a zonas por separado del edificio, pudiendo ser la cocina, salón, habitación, entre otros, sin embargo, cuentan con la propiedad de desconectarse automáticamente si la

- Intensidad máxima admisible
- Corriente de cortocircuito
- Curva de desconexión

Figura 69. **Layout de la propuesta del montaje**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2015.

4. INSTALACIÓN DE LA MÁQUINA SOPLADORA

4.1. Traslado y desembalaje

Previamente a comenzar con la instalación, debe realizarse una inspección visual a todo el equipo, con el objetivo de asegurar la correcta actividad de la máquina sopladora, por lo mismo en el siguiente apartado se analiza la ubicación de la máquina, el levantamiento y el adecuado movimiento del equipo.

4.1.1. Ubicación de la máquina

Es necesario mencionar que la máquina sopladora debe ir apoyada en una superficie libre de obstáculos, fabricada de concreto reforzado de por lo menos 150 mm de altura, es decir, un espacio amplio. La planta actualmente cuenta con 15 máquinas, previamente se realizó un estudio de ubicación y la máquina quedará en el costado izquierdo con suficiente espacio alrededor y buena iluminación. El equipo estará apoyado sobre al menos 9 bases antisísmicas instaladas simétricamente, que puedan absorber las vibraciones normales de la máquina. Para la ubicación de la máquina sopladora es necesario tomar en cuenta las descripciones de la misma:

- Número de cabezales: 1
- Capacidad de acumulador: 4 lb
- Caballos de fuerza: 75
- Capacidad del extruder: 375 lb/h
- Fuerza de cierre del molde: 50 ton

4.1.3. Movimiento del equipo

Todas las partes de la máquina deben estar diseñadas para proporcionar una máxima eficiencia, desempeño y seguridad. Todos los sistemas: mecánico, hidráulico, neumático y eléctrico, deberán ser certificados previamente por normas internacionales, probados y validados antes de ser instalados para que ni la empresa entre en riesgo ni el personal operativo al momento de operar el equipo.

Para que la máquina trabaje correctamente, debe contar con sistemas independientes que le suministren energía eléctrica, aire comprimido y agua de enfriamiento, los cuales también deben cumplir con las especificaciones anteriormente mencionadas. No obstante, para que la máquina no sufra algún golpe y pueda fallar, el equipo operativo deberá moverla con toda la precaución, utilizando el montacargas correcto por el peso, siguiendo las instrucciones establecidas y, asimismo, no arriesgarse ellos a sufrir de algún accidente a la hora de mover el equipo.

4.2. Nivelación

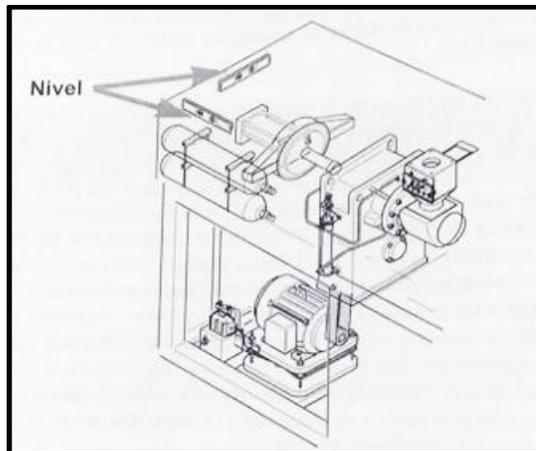
En la instalación de una máquina sopladora anteriormente se mencionó la ubicación y levantamiento de la máquina, para continuar en el mismo orden de ideas, en el siguiente apartado se muestra el proceso de nivelación de la base del extrusor y la nivelación de la sección de la prensa.

4.2.1. Nivelación de la base del extrusor

Para la nivelación de la base del extrusor el proceso es el siguiente:

- Bajar la base del extrusor en posición.
- Colocar y apretar todos los tornillos aflojados proporcionalmente.
- Cada tornillo debe estar fijado con una tuerca de traba después de equilibrar la carga.
- Todos los tornillos deben estar girados hacia abajo en las placas o los bloques elevadores, de modo que la máquina esté soportada completamente en los tornillos.
- Se debe colocar un nivel en la parte trasera de la base de extractor.
- Después de una semana se vuelve a nivelar de delante a atrás y de un lado a otro. Asegurar que todos los tornillos estén bien apretados.

Figura 70. **Base de nivelación se muestra (R 2000)**



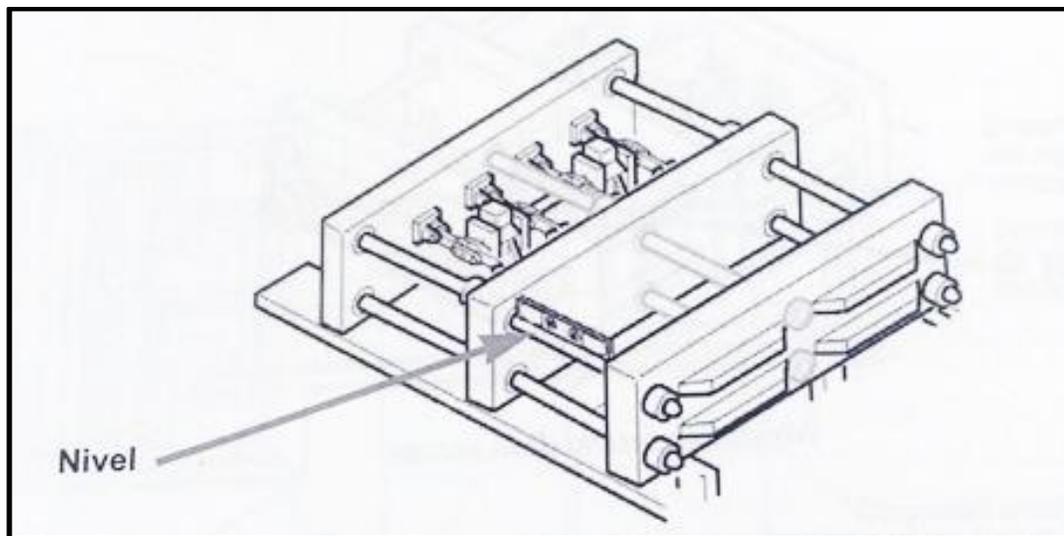
Fuente: Spirax/Sarco. *Manual de redes de vapor*. <http://www.spiraxsarco.com/global/mx/News/Documents/Catalogo%20Spirax%20Sarco%20Me%CC%81xico.pdf>. Consulta: 4 de noviembre de 2017.

4.2.2. Nivelación de la sección de la prensa

A continuación se muestran los pasos a seguir para la nivelación de la sección de la prensa:

- Girar todos los tornillos hacia abajo en las placas o los bloques elevadores, de modo que la máquina esté soportada completamente en los tornillos.
- Poner un nivel en una de las barras de acoplamiento. Nivelar la máquina de la partes delante a la trasera, como en la siguiente figura.

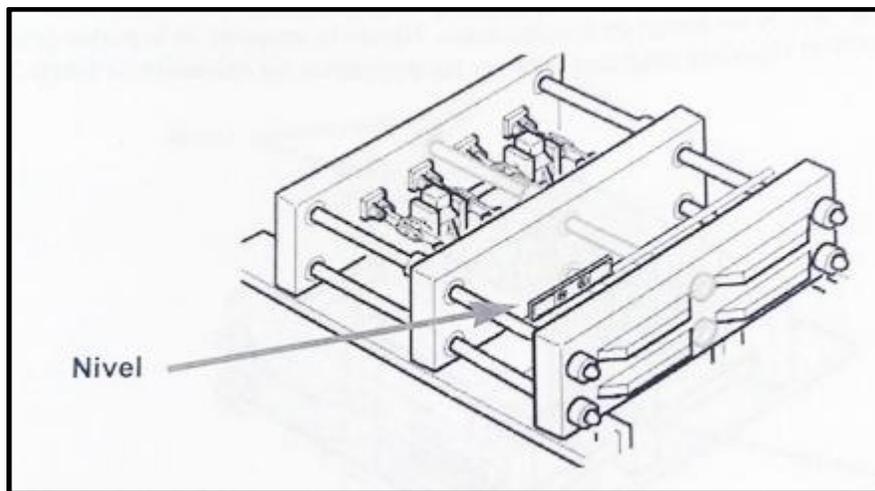
Figura 71. Nivelación de las partes delantera y trasera de la prensa



Fuente: Spirax/Sarco. *Manual de redes de vapor*. <http://www.spiraxsarco.com/global/mx/News/Documents/Catalogo%20Spirax%20Sarco%20Me%CC%81xico.pdf>. Consulta: 4 de noviembre de 2017.

- Colocar y apretar todos los tornillos aflojados proporcionalmente. Cada tornillo debe estar sujetado con una tuerca de traba después de equilibrada la carga.
- Se coloca una barra de nivelación a través de dos barras de acoplamiento. Colocar un nivel en la barra de nivelación para nivelar la máquina lateralmente. Ver la siguiente figura:

Figura 72. **Nivelación lateral de la prensa**



Fuente: Spirax/Sarco. *Manual de redes de vapor*. <http://www.spiraxsarco.com/global/mx/News/Documents/Catalogo%20Spirax%20Sarco%20Me%CC%81xico.pdf>. Consulta: 4 de noviembre de 2017.

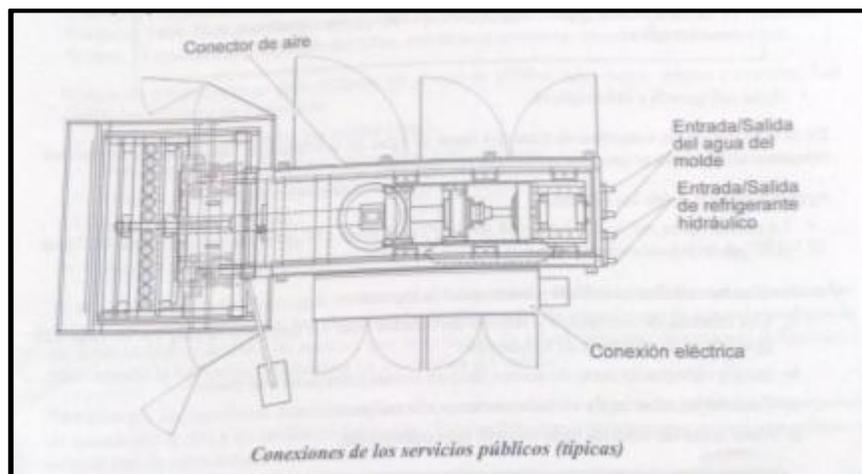
- Después de una semana se vuelve a nivelar de delante a atrás y de un lado a otro. Es necesario asegurar que todos los tornillos estén bien apretados.

4.3. Conexión de servicios públicos

Es importante mencionar que el proceso de instalación y montaje no termina cuando la máquina se instala, si no cuando comienza a producir, es decir que el proceso se puede dar por finalizado hasta que cumpla con todos los puntos de producción y calidad, validando de esta manera que la máquina de diseño, fabricó, instaló y trabaja conforme se necesita.

Por lo mismo, es necesario que esta instalación cuente con los servicios de conexión como aire, las tuberías de agua y servicio eléctrico, como se muestra en los siguientes párrafos. En la siguiente figura se muestran las conexiones típicas:

Figura 73. Ubicaciones de las conexiones estándar



Fuente: Spirax/Sarco. *Manual de redes de vapor*. <http://www.spiraxsarco.com/global/mx/News/Documents/Catalogo%20Spirax%20Sarco%20Me%CC%81xico.pdf>. Consulta: 4 de noviembre de 2017.

4.3.1. Servicios de aire

En el servicio de aire la disposición de las tuberías de la máquina para identificar todos los puntos de conexión de aire se enlistan a continuación:

- El flujo de aire debe ser 2,7 m³/min a 6,9 bares como mínimo.
- El aire tiene que ser limpio y seco.
- Usar una tubería de conexión de 25 mm (1 pulg) como mínimo, que esté limpia y libre de aceite y suciedad.

4.3.2. Tuberías de agua

Las tuberías de agua deberán tener las soluciones de enfriamiento, las que se enlistan a continuación son las que se usan regularmente:

- Agua refrigerada
- Agua refrigerada y propilenglicol
- Agua refrigerada y etilenglicol

En la mayoría de las máquinas se usan dos tipos de agua de enfriamiento, sin embargo, en muchas máquinas alternativas se usa solamente agua refrigerada.

- Agua refrigerada enfría los moldes:
 - La presión debe ser 4,1 bares a 38 litros/min por cavidad hasta 492 litros/ min en total en la máquina.
 - Para instalar las tuberías de entrada y retorno del refrigerador, usar tubería de suministro y retorno apropiado para 4,1 bares a 75

litros/min en la parte trasera de la máquina.

- Instale válvulas de corte de acceso fácil en ambas tuberías en este punto.
- Conectar las tuberías de entrada y retorno a la máquina.
- Aislar todas las tuberías para impedir la condensación.

4.3.3. Servicio eléctrico

La función principal del sistema eléctrico es proveer la energía necesaria para el arranque y el correcto funcionamiento de los accesorios como las luces y la instrumentación. Proveer energía para el arranque en las peores condiciones de operación es usualmente la consideración principal durante el diseño de un sistema eléctrico básico. Típicamente solo se requiere de una conexión eléctrica para la máquina. La conexión se hace por la esquina superior derecha del tablero de control.

- Es recomendable leer las instrucciones y entender todos los esquemas eléctricos antes de conectar la máquina a la fuente de alimentación.
- Después de conectarse a la fuente de alimentación se prueban todos los aspectos del sistema.
- Colocar los interruptores selectores en la posición de apagado.
- Cuando la conexión a la fuente de alimentación esté completa, se debe cerrar las puertas del gabinete eléctrico principal y se coloca el interruptor principal en posición de apagado.

El cableado que requiera conexión externa debe ser llevado a la caja accesible de unión con cada cable identificado y conectado a una bornera. En otras palabras, una caja de conexión y conectores a prueba de agua deberán ser instalados al punto de separación de la máquina, de forma que el sistema

de cableado pueda ser desconectado y fácilmente reconectado posteriormente del ensamblaje de la máquina.

4.4. Comprobaciones preliminares

En el proceso de instalación de la máquina sopladora en la planta, se debe asegurar el correcto funcionamiento, como también verificar los cables sueltos o rotos, y no tener mangueras o tuberías dañadas, lo que significa que las comprobaciones preliminares son de suma relevancia. En los siguientes apartados se describe la revisión del suministro de aire, así como el suministro eléctrico, el uso de agua de enfriamiento y el aceite hidráulico.

4.4.1. Suministro de aire

El suministro de aire es fundamental. Para empezar con el diseño de una instalación se analizan todas las variantes posibles que sean necesarias. El aire comprimido es un elemento clave y es vital para las máquinas. Es una energía renovable que debe ser cuidada y tratada desde su generación, ya que es costosa y de esta energía dependerá todo el sistema. A continuación se describe la presión de aire correcta, el caudal de aire comprimido, las pérdidas de presión y la velocidad de circulación de aire:

- Presión de aire comprimido: se debe calcular la presión a la cual se desea trabajar para establecer el buen funcionamiento del compresor y la red. Generalmente la red de trabajo industrial de aire comprimido tiene presiones de 6 a 7 bar.
- Caudal de aire comprimido: el caudal de la red deberá ser diseñado con base en la demanda de aire y las expectativas de crecimiento futuro, ya

que en unos años no se cambiarán las cañerías que quedan obsoletas o chicas.

- Pérdidas de presión: los elementos de una red de aire comprimido como codos, válvulas, Ts, cambios de sección, equipos de mantenimiento y otras, se oponen al flujo generando pérdidas de presión de aire. Garantizar que las pérdidas estén en lo permisible es una labor esencial a la hora de desarrollar el diseño.
- Velocidad de circulación de aire: la velocidad debe controlarse puesto que el aumento produce mayores pérdidas de presión. Esta no debe ser superior a los 6 m/seg en los ramales troncales, ni superior a los 10 m/seg en las derivaciones a las máquinas.

4.4.2. Suministro eléctrico

La máquina deberá estar preparada para ser conectada a un sistema trifásico de acuerdo a las especificaciones anteriores. La instalación eléctrica debe tener el volumen para suministrar una potencia nominal de 125,3 kw. Es decir que debe estar asegurada el área, asimismo estar encendido el interruptor general ubicado en el gabinete eléctrico.

4.4.3. Agua de enfriamiento

Es importante conectar gradualmente el suministro de agua de enfriamiento de la máquina y las tuberías de retorno y comprobar si hay fuga. Es necesario conectar las tuberías de enfriamiento del molde. Asimismo, el agua de enfriamiento debe cumplir con los parámetros que se mencionan a continuación:

- Dimensiones: tubería de entrada de diámetro 1 ½" (40 mm)
- Tubería de retorno de diámetro 1 ½" (40 mm)
- Temperatura: 8 a 20°C
- Presión: máximo 8 bar

4.4.4. Aceite hidráulico

Se comprueba el nivel, que debe ser de dos tercios a tres cuartos en la mirrilla (usar aceite AW-46 o equivalente). El aceite debe comprobarse por lo menos una vez cada tres meses, para determinar si es adecuado para un servicio. Debe comprobar lo siguiente:

- Limpieza (tipo, tamaño y número de partículas de contaminante)
- Cantidad de contaminación de fluidos extraños
- Número de neutralización (número de agua)
- Contenido de agua
- Viscosidad
- Concentración de aditivos

4.5. Equipo y herramientas necesarias para la instalación

La revisión del material y el equipo para la instalación debe realizarse previo a este proceso, y también es útil revisar que en la línea de aire comprimido todo esté en orden, el filtro regulador, los acoples y racores, así como que las mangueras sean las correctas, verificar las instalaciones eléctricas y seguir con las instrucciones del suministro de energía. El personal operativo estará previamente capacitado para realizar una instalación correcta y evitar daños en la máquina, así como posibles accidentes a los trabajadores por un mal manejo.

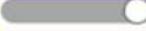
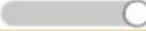
4.6. Colores industriales para la tubería

Los colores de identificación para las tuberías se definen en la tabla XVII, en función de las coordenadas cromáticas, y se incluye una muestra de cada color. El color de identificación indica la categoría a la que pertenece el fluido conducido en la tubería. Se aplicará según cada una de las modalidades:

- Sobre la tubería en su longitud total.
- Sobre la tubería como banda (mínimo 150 mm de longitud dependiendo del diámetro del tubo).

En caso de utilizarse bandas de color para proteger la tubería, no deberán ser de ninguno de los colores de identificación.

Tabla XVIII. Código de colores en tuberías

| Color | Significado |
|---|------------------------------|
|  Rojo | Contra incendio |
|  Verde | Agua |
|  Gris | Vapor de agua |
|  Aluminio | Petróleo y derivados |
|  Marrón | Aceites vegetales y animales |
|  Amarillo ocre | Gases (incluye licuados) |
|  Violeta | Ácidos y álcalis |
|  Azul claro | Aire |
|  Blanco | Sustancias alimenticias |
|  Negro | Aguas negras |

De acuerdo a la NTP-399.012 para instalaciones terrestres.

Fuente: Spirax/Sarco. *Manual de redes de vapor*. <http://www.spiraxsarco.com/global/mx/News/Documents/Catalogo%20Spirax%20Sarco%20Me%CC%81xico.pdf>. Consulta: 4 de noviembre de 2017.

4.7. Seguridad e higiene

En los siguientes apartados se desarrollarán temas sobre normas de seguridad e higiene que se desglosan de la siguiente manera: señalización, el equipo de protección del personal de la empresa, orden y limpieza de todo el equipo industrial.

4.7.1. Normas de seguridad e higiene

Es un grupo de normas importantes que sirven como guía para un trabajo eficiente y disminuyen los riesgos que se dan en las condiciones de trabajo y los actos inseguros. Por lo tanto, se recomienda a la gerencia de las empresas que elaboren un manual de normas generales de higiene y seguridad, las cuales sean obligatorias en cualquier departamento o área de trabajo o actividad que se realice dentro de las empresas. A continuación se describen las normas generales que se deben tener en cuenta en la empresa en sus distintas áreas de trabajo.

- Los trabajadores nuevos deben ser instruidos sobre las normas generales y las que son específicas de su área de trabajo.
- Se prohíben los juegos dentro de la empresa por riesgos de toparse accidentalmente con una máquina.
- Prohibido operar maquinaria, herramienta o equipo sin autorización.
- Limpiar cualquier derrame de sustancias inflamables de inmediato.

Estas son algunas de las normas generales que se emplean en la empresa para resguardar tanto al personal como a todo el equipo que conforma los diferentes departamentos.

4.7.2. Señalización

Se define la señalización de seguridad como una situación determinada que brinde una indicación referente a la seguridad y a la salud del personal que labora en la empresa, mediante señales en forma de carteles, colores, señales luminosas, comunicaciones verbales o señales de gestos. En las áreas de trabajo se colocará señalización de seguridad para prohibir, avisar, recomendar los diferentes procedimientos y formas a utilizar para hacer de las áreas de trabajo lugares más seguros para todos los empleados.

4.7.3. Equipo de protección personal

Es una parte imprescindible dentro de un programa de prevención de accidentes, en específico, por los resultados positivos que se obtienen a corto, mediano y largo plazo, tanto para la empresa como para los trabajadores. Es habitual en fábricas y talleres la colocación de protecciones como solución de los riesgos existentes. Al no proveer la empresa el equipo adecuado se convierte en un desperdicio de recursos, que pone en riesgo la integridad física de los trabajadores. El equipo de protección personal básico de un trabajador puede ser el siguiente:

- Guantes de goma
- Redecillas
- Cascos
- Mascarillas
- Botas tipo industrial
- Uniforme que puede consistir en playera, pantalón, bata o gabacha

4.7.4. Orden y limpieza

No es difícil establecer el orden y la limpieza en los equipos que son de responsabilidad exclusiva de los operadores, pero es fundamental la verificación del mantenimiento preventivo en el equipo, y para ello es necesario brindar una capacitación continua a los operarios para que realicen bien los procesos.

4.8. Costo del montaje e instalación

Entre los costos del montaje e instalación están los costos de cimentación y anclaje, los costos de tuberías de aire comprimido y los de agua, así como los costos de accesorios neumáticos. En los siguientes párrafos se desarrolla cada costo a través de una tabla.

4.8.1. Costo de cimentación y anclaje

Se trata de los costos de implementación para el montaje y diseño de la instalación de una máquina sopladora para aumentar la eficiencia en una planta de manufactura de plástico. Esta cuenta con los recursos económicos y humanos para desarrollarlo, por lo mismo, en la siguiente tabla se desglosan los costos de cimentación y anclaje de la máquina.

Tabla XIX. **Costos de cimentación y anclaje de la máquina sopladora**

| Descripción | Total |
|---|-------------------|
| Preparación del área para la cimentación | Q 5 000,00 |
| Manufactura de estructura metálica base e instalación | Q 6 500,00 |
| Cimentación | Q 5 000,00 |
| Instalación de anclajes | Q 1 500,00 |
| Total | Q18 000,00 |

Fuente: elaboración propia.

4.8.2. Costo de tuberías de aire comprimido y agua

En la siguiente tabla se desglosan los costos de las tuberías de aire comprimido y agua para la instalación y montaje de la máquina, entre estos costos están el de la tubería de acero inoxidable diámetro 2", el costo de la tubería de cobre diámetro 6", el costo de la tubería de acero inoxidable diámetro 3".

Tabla XX. **Costos de tuberías de aire comprimido y agua**

| Descripción | Cantidad | Costo unitario | Costo total |
|---|-----------------|-----------------------|--------------------|
| Tubería de acero inoxidable diámetro 2" | 9 m | Q 800,00 | Q 7 200,00 |
| Tubería de cobre diámetro 6" | 5 m | Q 950,00 | Q 4 750,00 |
| Tubería de acero inoxidable diámetro 3" | 9 m | Q 820,00 | Q 7 380,00 |
| | Total | | Q19 330,00 |

Fuente: elaboración propia.

4.8.3. Costo de accesorios neumáticos

En la siguiente tabla se desglosan los costos de los accesorios neumáticos, es decir, el costo de las unidades de mantenimiento FLR, el costo de los codos de tubería de 2", asimismo el costo de los codos de tubería de 6",

además el costo de los acoples neumáticos y Manifold y, por último, se muestra el costo de la manguera flexible para aire comprimido.

Tabla XXI. **Costos de accesorios neumáticos para el montaje y anclaje de la máquina**

| Descripción | Cantidad | Costo unitario | Costo total |
|-------------------------------|----------|----------------|-------------|
| Unidades de mantenimiento FLR | 3 | Q 853,75 | Q 2 561,25 |
| Codos de tubería de 2" | 4 | Q 140,00 | Q 560,00 |
| Codos de tubería de 6" | 2 | Q 225,00 | Q 450,00 |
| Acoples neumáticos | 6 | Q 35,00 | Q 210,00 |
| Manifold | 1 | Q 45 000,00 | Q 45 000,00 |
| Manguera flexible para aire | 3 m | Q 20,00 | Q 60,00 |
| Total | | | Q 48 841,25 |

Fuente: elaboración propia.

En la siguiente tabla se muestra un breve resumen de costos de cimentación y anclaje, sintetizado el costo de las tuberías de aire comprimido y agua, así como los costos en general de los accesorios neumáticos.

Tabla XXII. **Resumen de costos**

| Resumen | |
|------------------------------------|-------------|
| Costo de cimentación y anclajes | Q 18 000,00 |
| Tuberías de aire comprimido y agua | Q 19 330,00 |
| Accesorios neumáticos | Q 48 841,25 |
| Total | Q 86 171,00 |

Fuente: elaboración propia.

5. MEJORA CONTINUA

5.1. Mantenimiento preventivo del sistema

Debe seguirse una rutina de servicio que minimice la probabilidad de que el equipo falle. Para este equipo en especial se crea dos tipos de servicio, por tener una parte eléctrica y otra mecánica, y no se puede pasar por alto ninguno de los dos, ya que las dos partes son fundamentales. Así mismo se considera un mantenimiento preventivo a cargo del personal operativo formado por actividades básicas y de inspección visual.

5.1.1. Descripción del mantenimiento preventivo

Para longevidad, eficiencia y seguridad es vital llevar un mantenimiento preventivo de rutina. Se recomienda que antes de cada turno el operador busque y extraiga partes que puedan haber sido dejadas en el mecanismo durante el último turno. Al inicio de cada turno se deben verificar todos los bloques de seguridad para comprobar que se encuentran en condiciones de funcionamiento seguras. El operador debe inspeccionar la máquina completa diariamente, para asegurar que los componentes y el conjunto se encuentren en funcionamiento.

5.1.2. Descripción de tareas

La mejora continua de procesos se centra en la evaluación, a través de la aplicación de tareas ya establecidas, además de verificar todos los aspectos que conforman el mismo: su diseño, ejecución, las medidas de control y

seguridad. En los siguientes apartados se describe el mantenimiento mecánico de la máquina y del sistema eléctrico.

5.1.2.1. Sistema mecánico

El mantenimiento mecánico de la máquina consiste en el ajuste de varios componentes, como los carruseles, los embragues, la correa de transmisión, la cadena de transmisión y el tornillo de alimentación, así como en verificar el funcionamiento de todos los cilindros y válvulas neumáticas, y evaluar el estado de la estructura en la que está soportado todo el sistema.

5.1.2.2. Sistema eléctrico

Verificar con frecuencia que el peso registrado sea el correcto, deben limpiarse los contactos eléctricos, verificarse los sensores, el embrague eléctrico del motor de accionamiento, aplicar desplazante de humedad y verificar el recorrido de todo el cableado para asegurarse que no exista ninguna parte dañada.

5.2. Verificación del mantenimiento preventivo

Es una actividad importante, práctica e imprescindible para desarrollar en un plan de mantenimiento preventivo, consiste en la ejecución de una lista de verificación por parte del personal, con el fin de llevar un control periódico del estado y funcionalidad de las máquinas y equipos que conforman los sistemas principales de operaciones de la empresa, para saber que se encuentran en óptimas condiciones.

Por medio de la práctica y estandarización de la verificación del mantenimiento preventivo se logra identificar la necesidad de hacer cambios de repuestos o limpieza profunda, o bien reemplazo de alguna máquina o equipo. De esta forma se comprueba que las máquinas se encuentran en óptimas condiciones durante los períodos de trabajo y se evita que se generen daños importantes y que no se puedan reparar que repercuten en pérdidas de tiempo y costos económicos para la empresa. En la verificación del mantenimiento preventivo es indispensable recoger un historial de revisiones/reparaciones, este proceso es elaborado por el responsable de mantenimiento, con ayuda de la oficina técnica si se necesitara.

5.2.1. Check list de inspección visual

Este procedimiento tiene como objetivo definir los pasos a seguir por los procesos dentro de la planta, a través de un *check list*. A continuación se muestra la hoja de evaluación visual del plan de mantenimiento preventivo eléctrico:

Tabla XXIII. Check list de mantenimiento preventivo eléctrico

| MAQUINA SOPLADORA PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO: MÉCANICO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO | | | | Horómetro: | CÓDIGO EMPLEADO | | | | | | | | | | |
|---|--|-------------------------------|---|--------------------------|--------------------------|-----------------|----------------------|-------------------|----------------------|-----------------------------|----------------------|------------------------|----------------------|----------------------------------|----------------------|
| INSTRUCCIONES: Marque en el cuadro con un SI , en cada tarea realizada, y escriba su código o nombre. En caso de que no se realicen marque NO , y justifique. | | | | | | | | | | | | | | | |
| TAREAS SEGÚN FABRICANTE. (manual impreso) | | | | Si/No | | | | | | | | | | | |
| 1) NIVELACIÓN DE MÁQUINA | bueno <input type="checkbox"/> | malo <input type="checkbox"/> | reparar <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | |
| 2) SOPORTE PLACAS MÓVILES- NIVEL COLUMNAS | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2.1) Molde abierto | bueno <input type="checkbox"/> | malo <input type="checkbox"/> | reparar <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | |
| 2.2) Molde cerrado | bueno <input type="checkbox"/> | malo <input type="checkbox"/> | reparar <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | |
| 3) VERIFICAR LA CADENA DE TRANSMISIÓN | bueno <input type="checkbox"/> | malo <input type="checkbox"/> | reparar <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | |
| 3.1) Indicar la desviación máxima | anotar _____ | | | | | | | | | | | | | | |
| 4) VERIFICAR TORNILLO DE ALIMENTACIÓN | bueno <input type="checkbox"/> | malo <input type="checkbox"/> | reparar <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | |
| 5) COMPROBAR LOS SIGUIENTES DISPOSITIVOS | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5.1) Lubricación del rodamiento del motor principal | bueno <input type="checkbox"/> | malo <input type="checkbox"/> | reparar <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | |
| 5.2) Limpieza de polvo de las cartas del mando | si/no <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | |
| 5.3) Comprobación del caudal de agua de entrada | anotar _____ | | | | | | | | | | | | | | |
| 5.4) Función ajuste de las toneladas de fuerza de cierre | bueno <input type="checkbox"/> | malo <input type="checkbox"/> | reparar <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | |
| 5.5) Muestreo de aceite | si/no <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | |
| 6) CONTROL DE FUNCIONAMIENTO GENERAL | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6.1) Verifique el funcionamiento del filtro de aire de entrada y de salida. | Bueno <input type="checkbox"/> | malo <input type="checkbox"/> | Regular <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | |
| 6.2) Verifique el funcionamiento del refrigerador armario de distribución. | Bueno <input type="checkbox"/> | malo <input type="checkbox"/> | Regular <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | |
| 6.3) Verifique el funcionamiento de los dispositivos neumáticos. | ¿Existe un dispositivo en mal estado? si/no <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | |
| | Indique cual: _____ | | | | | | | | | | | | | | |
| 6.4) Verifique el Estado del agua refrigerante | Bueno <input type="checkbox"/> | malo <input type="checkbox"/> | Regular <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | |
| 6.5) Verifique el funcionamiento de la bomba de vacío. | Bueno <input type="checkbox"/> | malo <input type="checkbox"/> | Regular <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | |
| RESUMEN DE TAREAS | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Total de Tareas</td> <td style="width: 50%; text-align: center;"><input type="text"/></td> </tr> <tr> <td>Tareas Realizadas</td> <td style="text-align: center;"><input type="text"/></td> </tr> <tr> <td>Tareas NO realizadas</td> <td style="text-align: center;"><input type="text"/></td> </tr> <tr> <td>% de Tareas Realizadas</td> <td style="text-align: center;"><input type="text"/></td> </tr> <tr> <td>% de Tareas NO Realizadas</td> <td style="text-align: center;"><input type="text"/></td> </tr> </table> | | | | | | Total de Tareas | <input type="text"/> | Tareas Realizadas | <input type="text"/> | Tareas NO realizadas | <input type="text"/> | % de Tareas Realizadas | <input type="text"/> | % de Tareas NO Realizadas | <input type="text"/> |
| Total de Tareas | <input type="text"/> | | | | | | | | | | | | | | |
| Tareas Realizadas | <input type="text"/> | | | | | | | | | | | | | | |
| Tareas NO realizadas | <input type="text"/> | | | | | | | | | | | | | | |
| % de Tareas Realizadas | <input type="text"/> | | | | | | | | | | | | | | |
| % de Tareas NO Realizadas | <input type="text"/> | | | | | | | | | | | | | | |
| INOCUIDAD | | | | | | | | | | | | | | | |
| MÁQUINA LIBRE DE RESIDUOS DE WIPE REVISIÓN DE HERRAMIENTA CONTRA LISTADO MÁQUINA LIBRE DE PIEZAS METÁLICAS SUELTAS MÁQUINA LIBRE DE REPUESTOS UTILIZADOS EN GENERAL, ÁREA LIBRE DE MATERIAL, ACCESORIOS Y PARTÍCULAS QUE PUEBAN CONTAMINAR EL PRODUCTO | | | | SI | NO | | | | | | | | | | |
| | | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | |
| | | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | |
| | | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | |
| | | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | |
| OBSERVACIONES: | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| NOMBRE Y FIRMA DE OPERADOR. _____ | | | NOMBRE Y FIRMA DE TÉCNICO MANTO. _____ | | | | | | | | | | | | |
| NOMBRE Y FIRMA DE SUP. PRODUCCIÓN _____ | | | NOMBRE Y FIRMA DE SUP. MANTENIMIENTO. _____ | | | | | | | | | | | | |
| FECHA: _____ | | | | | | | | | | | | | | | |
| HORA/FECHA DE INICIO: _____ | | | HORA/FECHA DE FINALIZACIÓN: _____ | | | | | | | | | | | | |

Fuente: elaboración propia.

En la siguiente tabla se muestra la hoja de evaluación visual del mantenimiento preventivo mecánico, en la cual se evaluarán los siguientes puntos: nivelación de máquina, soporte de placas móviles y nivel de columnas, verificación de la cadena de transmisión y tornillo de alimentación, comprobación de los dispositivos y control de funcionamiento general.

Tabla XXIV. Checklist de mantenimiento preventivo mecánico

| INYECTORES DE PLASTICOS, S.A. MAQUINA SOPLADORA PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO: MÉCANICO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO | | | | |
|--|--|--|--|--------------------------|
| INSTRUCCIONES: Marque en el cuadro con un SI , en cada tarea realizada, y escriba su código o nombre. En caso de que no se realicen marque NO , y justifique. | | | lorómetro: _____ | |
| TAREAS SEGÚN FABRICANTE. (manual impreso) | | | CÓDIGO Si/No EMPLEADO | |
| 1) NIVELACIÓN DE MÁQUINA bueno <input type="checkbox"/> malo <input type="checkbox"/> reparar <input type="checkbox"/> | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 2) SOPORTE PLACAS MÓVILES- NIVEL COLUMNAS | | | | |
| 2.1) Molde abierto bueno <input type="checkbox"/> malo <input type="checkbox"/> reparar <input type="checkbox"/> | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 2.2) Molde cerrado bueno <input type="checkbox"/> malo <input type="checkbox"/> reparar <input type="checkbox"/> | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 3) VERIFICAR LA CADENA DE TRANSMISIÓN bueno <input type="checkbox"/> malo <input type="checkbox"/> reparar <input type="checkbox"/> | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 3.1) Indicar la desviación máxima anotar _____ | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 4) VERIFICAR TORNILLO DE ALIMENTACIÓN bueno <input type="checkbox"/> malo <input type="checkbox"/> reparar <input type="checkbox"/> | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Continuación de la tabla XXIV.

| | | | |
|---|---|--------------------------|--------------------------|
| 5) COMPROBAR LOS SIGUIENTES DISPOSITIVOS | | | |
| 5.1) Lubricación del rodamiento del motor principal | bueno <input type="checkbox"/> malo <input type="checkbox"/> reparar <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 5.2) Limpieza de polvo de las cartas del mando | si/no <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 5.3) Comprobación del caudal de agua de entrada | anotar _____ | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 5.4) Función ajuste de las toneladas de fuerza de cierre | bueno <input type="checkbox"/> malo <input type="checkbox"/> reparar <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 5.5) Muestreo de aceite | si/no <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 6) CONTROL DE FUNCIONAMIENTO GENERAL | | | |
| 6.1) Verifique el funcionamiento del filtro de aire de entrada y de salida. | Bueno <input type="checkbox"/> malo <input type="checkbox"/> Regular <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 6.2) Verifique el funcionamiento del refrigerador armario de distribución. | Bueno <input type="checkbox"/> malo <input type="checkbox"/> Regular <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 6.3) Verifique el funcionamiento de los dispositivos neumáticos. | ¿Existe un dispositivo en mal estado? si/no <input type="checkbox"/> Indique cual: _____ | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 6.4) Verifique el Estado del agua refrigerante | Bueno <input type="checkbox"/> malo <input type="checkbox"/> Regular <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 6.5) Verifique el funcionamiento de la bomba de vacío. | Bueno <input type="checkbox"/> malo <input type="checkbox"/> Regular <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Continuación de la tabla XXIV:

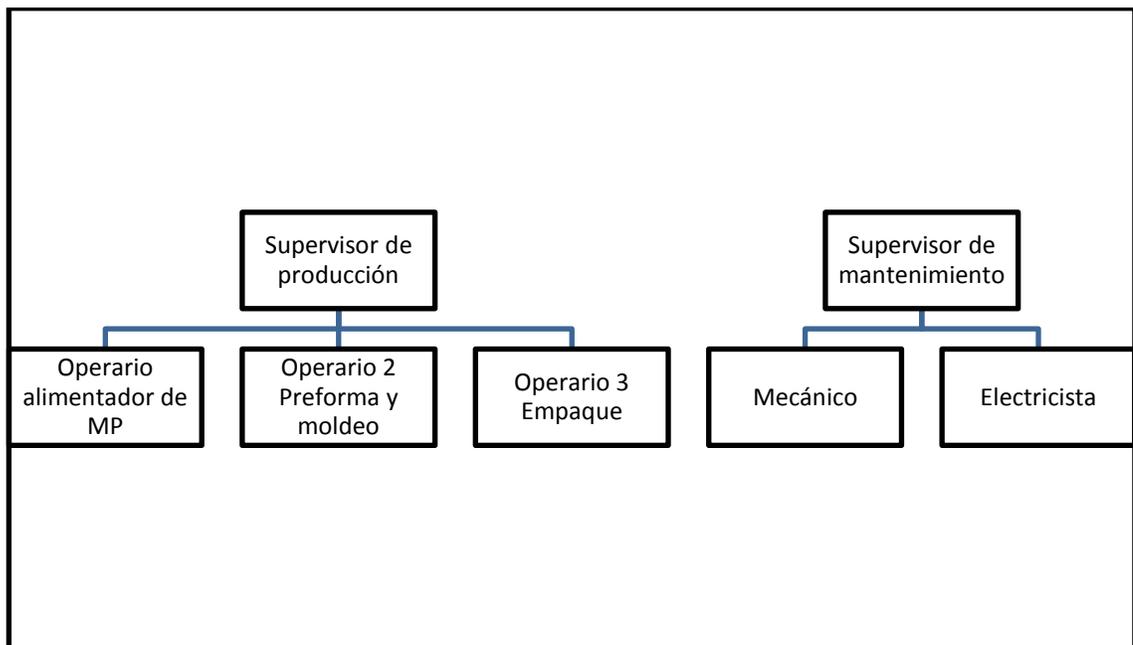
| RESUMEN DE TAREAS | |
|--|---|
| Total de Tareas | |
| Tareas Realizadas | 0 |
| Tareas NO realizadas | 0 |
| | |
| % de Tareas Realizadas | |
| % de Tareas NO Realizadas | |
| INOCUIDAD | |
| MÁQUINA LIBRE DE RESIDUOS DE WIPE | SI NO |
| REVISIÓN DE HERRAMIENTA CONTRA LISTADO | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> |
| MÁQUINA LIBRE DE PIEZAS METÁLICAS SUELTAS | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> |
| MÁQUINA LIBRE DE REPUESTOS UTILIZADOS EN GENERAL, AREA LIBRE DE MATERIAL, ACCESORIOS Y PARTÍCULAS QUE PUEDAN CONTAMINAR EL PRODUCTO | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> |
| OBSERVACIONES: | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| _____ NOMBRE Y FIRMA DE OPERADOR. | _____ NOMBRE Y FIRMA DE TÉCNICO MA |
| _____ NOMBRE Y FIRMA DE SUP. PRODUCCIÓN | _____ NOMBRE Y FIRMA DE SUP. MANTENIMIENTO. |
| FECHA: _____ | |
| HORA/FECHA DE INICIO: _____ HORA/FECHA DE FINALIZACIÓN: _____ | |

Fuente: elaboración propia.

5.3. Capacitación continua

La capacitación ayuda a los empleados a superar limitaciones y mejorar el desempeño en sus actividades laborales. La capacitación continua se refiere a la constancia de los esquemas que facilitan el proceso de aprendizaje y enseñan nuevas formas de realizar las actividades que los empleados desempeñan para mejorar las funciones dentro de la empresa. La capacitación continua ayuda en gran manera a los empleados para adaptarse a los cambios y actualizarse para realizar los diferentes procesos en la empresa.

Figura 74. **Supervisión de mantenimiento**



Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. A través del proceso de investigación se determinaron los factores que deben tomarse en cuenta para el montaje de una máquina sopladora de plástico.
2. Utilizando herramientas de ingeniería se determinó las especificaciones técnicas de diseño para llevar a cabo la instalación.
3. Se evaluó el área y se determinó el tipo de cimentación necesaria para que la máquina no sufra desgaste y disminuya las vibraciones del proceso, siendo esta cimentación tipo bloque.
4. Para que la máquina trabaje en condiciones adecuadas se determinó el diámetro de las tuberías para alimentar de aire comprimido el sistema.
5. Se determinó el diámetro del sistema de tuberías para alimentar de agua a la máquina para que trabaje en condiciones adecuadas.
6. Se analizó y determinó el proceso más eficaz para la instalación de los accesorios adecuados, para asegurar el mayor rendimiento de la máquina.

RECOMENDACIONES

1. Que la empresa objeto de estudio considere la propuesta del presente trabajo académico con el objetivo de aumentar la eficiencia.
2. Considerar el presente trabajo de graduación como una guía precisa para la implementación de la propuesta.
3. Capacitar al personal operativo para que realice los distintos tipos de mantenimiento para la máquina sopladora.
4. Realizar la hoja de evaluación visual propuesta del mantenimiento preventivo, tanto mecánico como eléctrico, cada tres meses.
5. Utilizar hierro galvanizado para las tuberías de aire y agua; a estas se les debe realizar mantenimiento cada año.

BIBLIOGRAFÍA

1. ANDER-EGG, Ezequiel. *Métodos y técnicas de investigación social*. Argentina: Rio de Plata, 2003. 175 p.
2. CASTILLO JIMÉNEZ, Rafael. *Montaje y reparación de sistemas neumáticos e hidráulicos en bienes de equipo y máquinas industriales*. México: IC, 2013. 213 p
3. CRESPO VILLALAZ, Carlos. *Mecánica de suelos y cimentaciones*. México: Limusa, 2004. 347 p.
4. DEUTSCHMAN, Aarón; MICHELS, Walter; WILSON, Charles. *Diseño de máquinas, teoría y práctica*. México: Continental, 1987. 296 p.
5. ECO, Umberto. *Cómo se hace una tesis*. España: Gedisa, 2009. 240 p.
6. GRIMALDI, John; ROLLIN, Simonds. *La seguridad industrial, su administración*. 3a ed. México: Representaciones y Servicios de Ingeniería, 1979. 458 p.
7. HERNÁNDEZ, Roberto. *Metodología de la investigación*. México: McGraw-Hill, 2006. 569 p.
8. HESTA GRAHAM, Machinery. *Manual de operación sopladora*. Alemania: Hesta HLS, 2001. 730 p.

9. LUSZCZEWSKI, Antoni. *Redes industriales de tubería, bombas para agua, ventiladores y compresores*. España: Reverte, 2004. 280 p.
10. SOLÉ, Antonio Creus. *Instrumentación Industrial*. España: Marcombo, 2012. 221 p.
11. THIELEN, Michael. *Extrusion blow molding*. Inglaterra: Hansen Garden Publications, 2002. 356 p.
12. ZAPATA, Óscar. *Herramientas para elaborar tesis e investigaciones*. México: Pax, 2005. 280 p.