



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**DESARROLLO PROFESIONAL EN MANTENIMIENTO
PREVENTIVO Y CORRECTIVO EN MÁQUINAS DE
INYECCIÓN DE PLÁSTICO Y SUS SISTEMAS DE
ENFRIAMIENTO**

INFORME DE ACTIVIDADES PROFESIONALES

Que para obtener el título de

Ingeniero Mecánico

P R E S E N T A

Eduardo Miñon Velazquez

ASESOR DE INFORME

Dr. Eliseo Martínez Espinosa



Ciudad Universitaria, Cd. Mx. 2016

JURADO ASIGNADO:

Presidente: M.A Jesús Roviroza López

Secretario: Dra. Magdalena Trujillo Barragán

Vocal: Dr. Eliseo Martínez Espinosa

1er. Suplente: M.I Alejandro Cortes Eslava

2do. Suplente: M.I Enrique Bernal Martínez

TUTOR:

M.I Eliseo Martínez Espinosa

FIRMA

AGRADECIMIENTOS

A mi mamá por todo su apoyo incondicional en cada decisión y reto que he tomado

A mi papá y hermanos porque siempre seremos unidos a nuestra manera

A Edgar Chávez, Oscar Cornejo, Christian Guerrero amigos y compañeros de vida

A todas esas personas que han estado en pequeños o grandes momentos y darme esos consejos para concluir lo que inicie

A mis compañeros del instituto de ingeniería

Al Dr. Eliseo por su paciencia y enseñanza

Por ultimo a Maricarmen Ríos por su compañía y amor

ÍNDICE

Introducción.....	6
-------------------	---

Capítulo 1 Plásticos Alica S.A de C.V

1.1 Misión y Visión.....	7
1.2 Organograma.....	8

Capítulo 2 Antecedentes del puesto de trabajo

2.1 Introducción.....	9
2.2 Máquina Inyectora.....	9
2.3 Componentes principales de una máquina de inyección.....	11
2.4 Características técnicas de las máquinas de inyección de plástico.....	13
2.4.1 Sistema de inyección.....	13
2.4.2 Sistema de cierre.....	13
2.4.3 Especificaciones generales.....	15
2.5 El proceso de inyección.....	15
2.6 Funcionamiento hidráulico.....	17
2.6.1 Funciones del fluido a presión.....	18

Capítulo 3 Participación en la industria

3.1 Introducción.....	21
3.2 Descripción del puesto de trabajo.....	21
3.3 Mantenimiento.....	21
3.4 Tipos de mantenimiento.....	22
3.4.1 Mantenimiento preventivo.....	22
3.4.2 Mantenimiento Correctivo.....	22
3.4.2.1 No planificado.....	22
3.4.2.2 Planificado.....	23
3.5 Actividades realizadas en la industria.....	24
3.5.1 Plan de mantenimiento preventivo.....	25
3.5.2 Actividades que se deben realizar diario.....	26
3.5.3 Actividades semanales.....	27
3.5.4 Actividades Quincenales.....	27
3.5.5 Diagrama de flujo de las actividades de mantenimiento diario.....	28

Capítulo 4 Proyecto Termo-convector adiabático

4.1 Antecedentes, Proceso de inyección de plástico y su refrigeración.....	30
4.2 Antecedentes, Enfriamiento de proceso.....	31
4.3 Características y especificaciones para la instalación del Equipo.....	32

4.3.1 Ubicación y posición del Termo-convector adiabático y del grupo de bombas.	33
4.3.2 Características de la instalación hidráulica.....	33
4.3.3 Características de la instalación eléctrica.....	34
4.3.4 Cargas eléctricas.....	34
4.3.5 Calibre de conductores.....	34
4.3.6 Tamaño de interruptores termo magnéticos.....	34
4.4 Participación profesional en el proyecto de instalación del sistema de enfriamiento.....	34
4.5 Actividades realizadas durante la participación en el proyecto.....	35
4.6 Operación inicial del sistema.....	35
Conclusiones.....	38
Bibliografía.....	39

Introducción

Una de las técnicas de procesado de plásticos que más se utiliza en la industria es el moldeo por inyección, siendo uno de los procesos más comunes para la obtención de productos plásticos. Hoy en día cada casa, cada vehículo, cada oficina, cada fábrica, etc. contiene una gran cantidad de diferentes artículos que han sido fabricados mediante este proceso. Entre ellos se pueden citar: teléfonos, vasijas, artículos domésticos, sillas, mesas, etc.

La inyección es la técnica de moldeo que más utiliza materiales termoplásticos y en el sector de la industria donde me he desarrollado se utilizan materiales el polipropileno y polietileno ya que se caracterizan porque al aplicarles calor hasta fundirse se pueden moldear para darles una gran variedad de formas, sabiendo que al enfriarse volverán a endurecerse manteniendo sus características iniciales.

El moldeo por inyección requiere temperaturas y presiones elevadas, por esta razón necesita de adecuados sistemas de enfriamiento (por ejemplo refrigeradores de agua, termo convectores, torres de enfriamiento y termo reguladores) para obtener piezas de bastante precisión, con superficies limpias y lisas, además de proporcionar un magnífico aprovechamiento del material, con un ritmo de producción elevado. Sin embargo, a veces, las piezas deben ser refinadas o acabadas posteriormente, para eliminar rebabas.

En este reporte se describe la actividad profesional que he realizado en la industria dentro del área de mantenimiento. Donde he aplicado los conocimientos adquiridos durante mi formación académica como son la organización y desarrollo de planes de trabajo así como aplicar conocimientos prácticos de electricidad, electrónica y sistemas de refrigeración para instalar nuevos equipos y mantener en buen funcionamiento los ya existentes, además adquiriendo nuevos conocimientos de hidráulica, neumática y del funcionamiento de la maquinaria de inyección. Desarrollando habilidades técnicas como es el correcto uso de herramientas mecánicas (llaves Allen, llaves españolas, arco con segueta etc.) para cada situación o problema presentado durante mi día laboral.

CAPÍTULO 1

PLASTICOS ALICA S.A DE C.V

Es una empresa mexicana dedicada a la fabricación de productos de plástico mediante la inyección que cuenta con 48 años de experiencia en el mercado. Fabrica productos tales como: jarras, vasos, palanganas, vajillas, mesas, sillas etc.



1.1 Misión y Visión

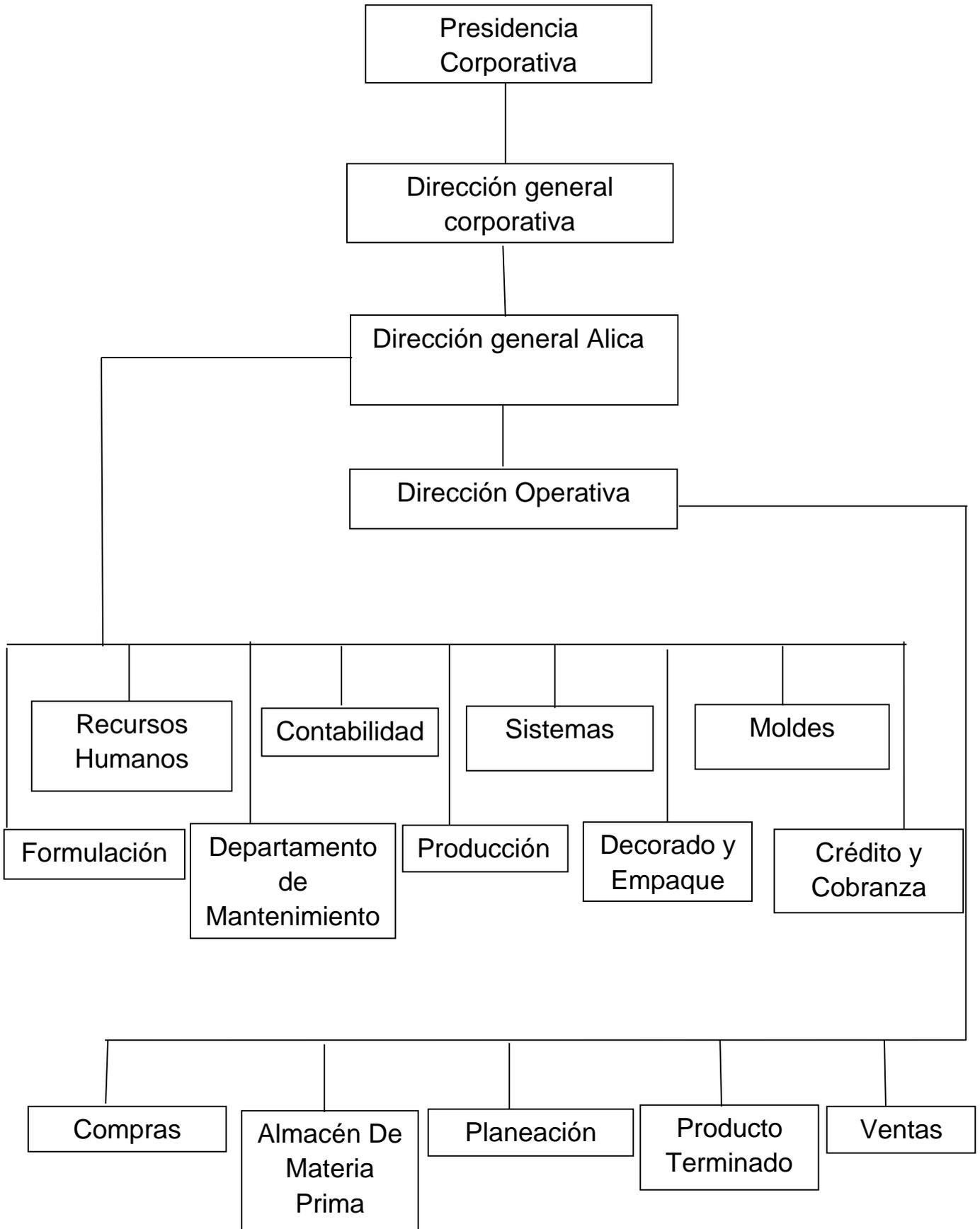
Misión

Mantenerse como una empresa mexicana y consolidar su liderazgo en la inyección de plástico, proyectando su imagen a mercados nacionales y extendiendo su marca a nivel internacional, suministrando productos de alta calidad, innovadores y rentables que satisfagan las expectativas de sus clientes, generando utilidades atractivas para sus accionistas y contribuyendo de manera importante en el desarrollo económico y social de nuestra comunidad, mediante el compromiso individual de todos sus colaboradores, favoreciendo su crecimiento profesional y distinguiéndose como una empresa socialmente responsable.

Visión

Mantener el liderazgo respaldado por más de 45 años en el ramo de la industria en inyección de plástico nacional, innovando constantemente sus productos cubriendo las necesidades de sus clientes. Así mismo introducir sus productos a mercados internacionales en este año en curso.

1.2 Organigrama



CAPÍTULO 2

ANTECEDENTES DEL PUESTO DE TRABAJO

2.1 Introducción

En mis labores diarias dentro del área de mantenimiento trabajo con máquinas de inyección de plástico y el objetivo principal es garantizar la correcta operación de los equipos, maquinas e instalaciones mediante la aplicación de las mejores prácticas de mantenimiento para incrementar la eficiencia global de los equipos y reducir los costos de mantenimiento como apoyo a la sustentabilidad.

En este capítulo describiré el funcionamiento de una máquina de inyección.

2.2 Máquina Inyectora

Dentro del proceso de moldeo por inyección la característica principal es introducir plástico fundido en un molde cerrado en el cual se hace circular agua fría, para atemperar la pieza moldeada donde éste adquiere la forma del molde y se solidifica para dar un producto. La pieza moldeada es expulsada por botadores propios del molde y cae a un recipiente donde se recolecta.

Una máquina para inyección de plásticos (también llamadas inyectoras) consta de tres partes principales; la unidad de inyección, unidad de cierre (figura 2.1), y la unidad de control (Gabinete de control eléctrico y la interface Humano-Máquina) (figura 2.2), en muchas ocasiones, para la extracción de la pieza (preforma) se utiliza un robot.

- Unidad de inyección: La función principal de la unidad de inyección es la de fundir, mezclar e inyectar el plástico.
- Unidad de cierre: Una prensa hidráulica o mecánica, con una fuerza de cierre lo suficientemente grande para contrarrestar la fuerza ejercida por el polímero fundido al ser inyectado en el molde. Si la fuerza de cierre es insuficiente, el material escapará por la unión del molde.
- La Unidad de Control se compone del gabinete eléctrico y de la Interface Humano Máquina (HMI por sus siglas en ingles). El gabinete eléctrico contiene el controlador lógico programable, los interruptores de circuito eléctrico y la lógica. La Interface Humano-Máquina (HMI) regula el funcionamiento de la máquina y las funciones de operación

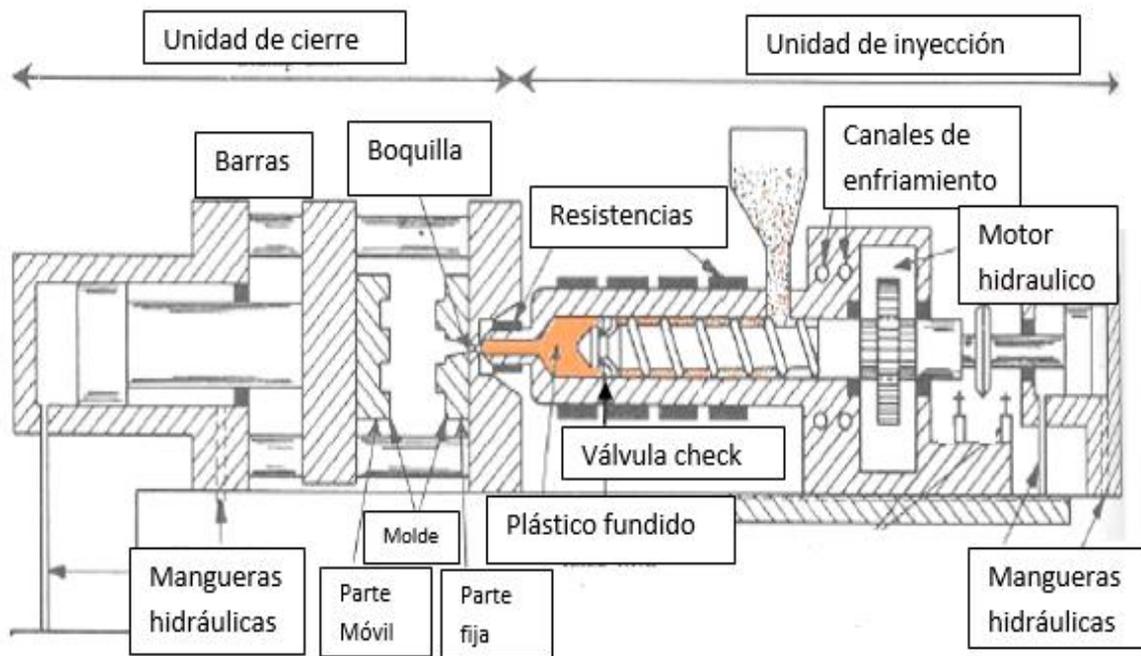


Figura 2.1 Unidad de cierre e inyección [1]

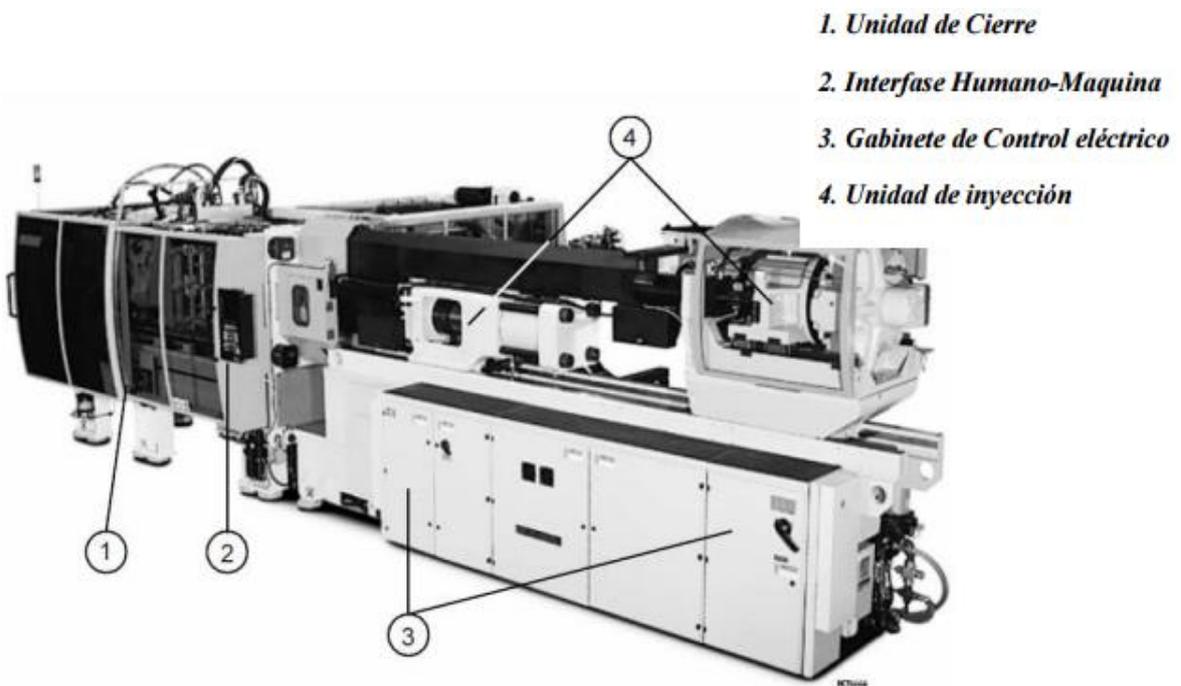


Figura 2.2 Maquina de inyección Husky [5]

2.3 Componentes principales de una máquina de inyección

Los elementos esenciales de una unidad de inyección son: la tolva de alimentación, el sistema de dosificación, plastificación e inyección y la unidad de moldeo-desmoldeo. La tolva de alimentación se conecta mediante un conducto al cilindro donde tiene lugar la plastificación. Donde para evitar atascos la zona de alimentación debe tener un control de temperatura por debajo de los 50°C en la mayoría de los casos. A veces se aprovecha este conducto y la propia tolva para completar el secado de la resina que se está utilizando. El sistema de dosificación, plastificación e inyección admite la cantidad necesaria de resina, la reblandece o funde y la inyecta en el molde a través de una boquilla que, al adaptarse a presión al bebedero del molde, abre una válvula de descarga dispuesta en su extremo. Al desacoplar la boquilla, la válvula se cierra automáticamente.

En la actualidad casi todas las máquinas de inyección disponen de un pistón de dosificación-plastificación en forma de husillo que, al girar cierto número de vueltas, realiza la carga del material, obligándolo a retroceder hasta una posición tope, previamente regulada, quedando el cilindro lo suficientemente lleno de material de acuerdo al tamaño del producto. La plastificación mediante husillo proporciona una fusión regular y homogénea, con poco riesgo de degradación térmica, y posibilita un llenado del molde a presiones más bajas, combinando el movimiento giratorio con su desplazamiento longitudinal. El extremo libre del husillo dispone de un anillo que actúa como válvula de retención, impidiendo el retroceso del material durante la inyección. El trabajo que realiza el husillo es el siguiente: Cuando termina la inyección anterior se queda en la posición más adelantada. Al empezar a girar, toma el material frío de la tolva y lo transporta hacia la parte delantera, al tiempo que las resistencias ubicadas alrededor del cañón lo calienta. Una vez que llega a la parte anterior, estando la válvula de descarga cerrada, el husillo ejerce grandes esfuerzos cortantes sobre el material, como ocurre en las extrusoras, a la vez que retrocede y, cuando tiene acumulada suficiente cantidad para llenar el molde, deja de girar, quedando en espera. Al acoplarse la boquilla al bebedero, se abre la válvula de descarga y el husillo actúa ahora como émbolo, comprimiéndole y haciéndole fluir a través del cañón, hasta llenar el molde, transmitiendo al interior de éste toda la presión.

La cámara del cilindro de plastificación-inyección va provista de un sistema de calentamiento mediante resistencias individuales que permiten una regulación de la temperatura de la pared por zonas y mantiene la resina plastificada entre inyección e inyección.

Las unidades de moldeo constan de las dos partes del molde sujetas mediante piezas porta moldes y ciertos mecanismos (generalmente hidráulicos) que tienen por misión su abertura y cierre. Estos mecanismos tienen que ser suficientemente robustos para resistir la presión del material en la etapa final de la inyección.

En la figura 2.3 se muestra una máquina inyectora de plásticos, identificándose sus principales componentes.

1.- Tolva alimentadora	11.- Bomba hidráulica
2.- Cubierta de barril (Cañón)	12.- Acumulador
3.- Barril con bandas calefactores (Cañón con resistencias)	13.- Sensor de temperatura de aceite
4.- Cilindro de inyección	14.- Filtro
5.- Boquilla	15.- Válvula hidráulica de control
6.- Tornillo (husillo)	16.- Platinas porta molde
7.- Controlador de temperatura de aceite	17.- Sistema de cierre con palancas acodadas
8.- Alarma de temperatura de aceite	18.- Columnas guía (Barras)
9.- Motor hidráulico	19.- Microprocesador para control del proceso
10.- Motor eléctrico	

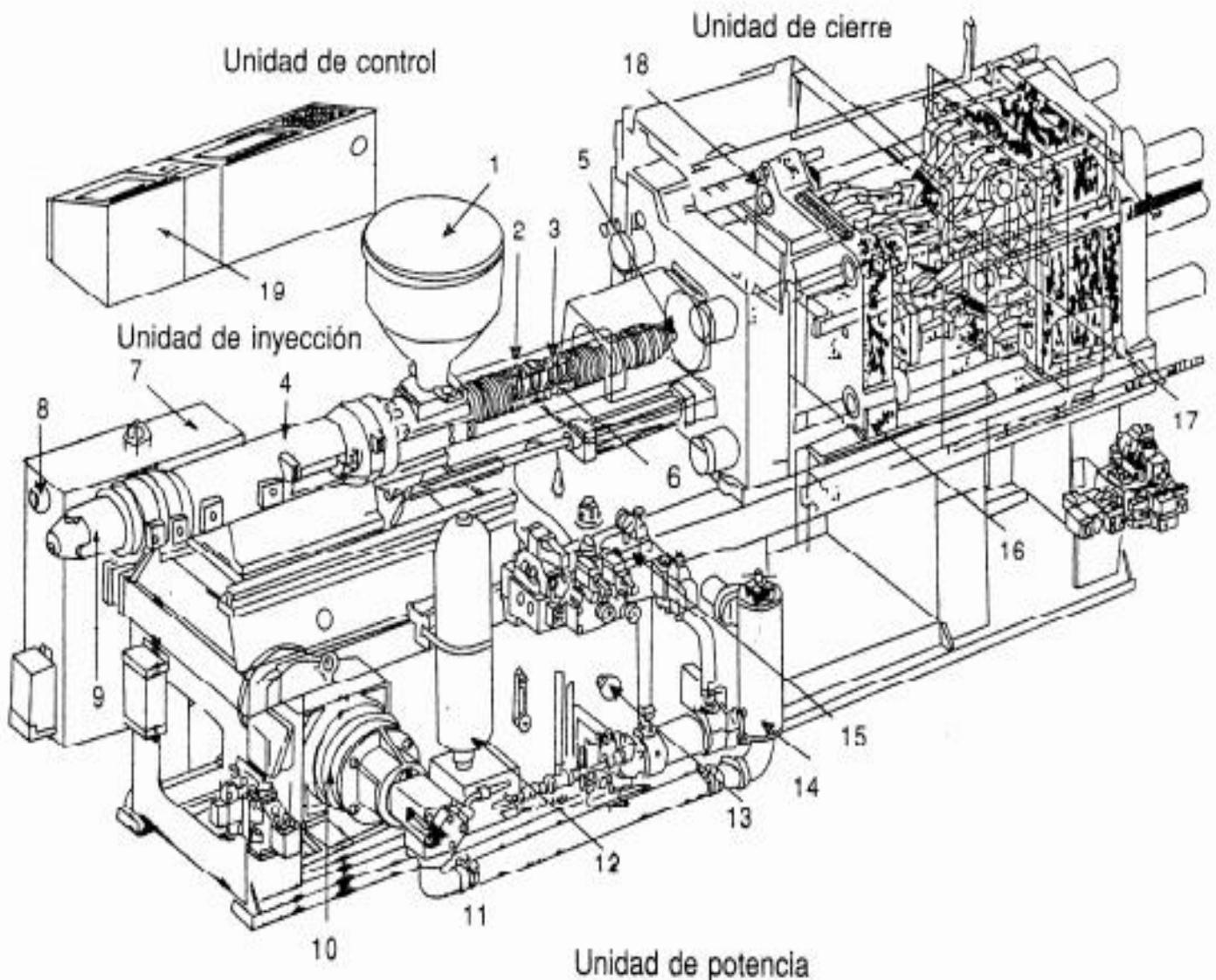


Figura 2.3 Partes fundamentales de una maquina inyectora [2]

2.4 Características técnicas de las máquinas de inyección de plástico

Dependiendo del tamaño de las piezas y principalmente del material que se inyecte, se debe tomar en cuenta ciertas características técnicas de las máquinas en la inyección de plástico, dentro de las que se encuentra las siguientes:

2.4.1 Sistema de inyección

- Diámetro del husillo (mm): Diámetro externo del husillo que plastifica e inyecta el plástico.
- Relación L/D del husillo: Es la relación entre la longitud del husillo (L) y el diámetro del mismo (D).
- Máxima presión de inyección (kg/cm^2): Presión que se aplica sobre el material al ser inyectado.
- Volumen teórico de inyección (cm^3): Volumen generado por el husillo que se inyecta.
- Velocidad de inyección (cm^3/s): Es el caudal de material que sale de la máquina durante el periodo de inyección y es una medida de la rapidez con que puede llenarse un molde dado
- Velocidad de rotación del husillo (rpm): Velocidad de rotación que alcanza el husillo en la etapa de plastificación.
- Potencia del motor hidráulico (hp): Es la potencia disponible para hacer girar el husillo.

2.4.2 Sistema de cierre

Los sistemas de cierre constan generalmente de dos platos, uno móvil que se desliza a través del sistema de cierre por cuatro columnas que sirven como barras guía y uno fijo que tiene a un lado la unidad de inyección.

Sus características técnicas son:

- Fuerza de cierre (Ton.): Fuerza máxima con la que puede cerrarse el molde.
- Distancia entre columnas (mm): Distancia máxima entre las columnas de deslizamiento del plato móvil.
- Carrera del plato móvil (mm): Carrera máxima de la apertura del molde.

Existen tipos básicos de sistemas de cierre:

a) Hidráulicas:

Un sistema de cierre hidráulico convencional tiene un gran pistón hidráulico sujetado en el centro del plato móvil para que la presión ejercida por el fluido hidráulico de la apertura y cierre del medio de sujeción

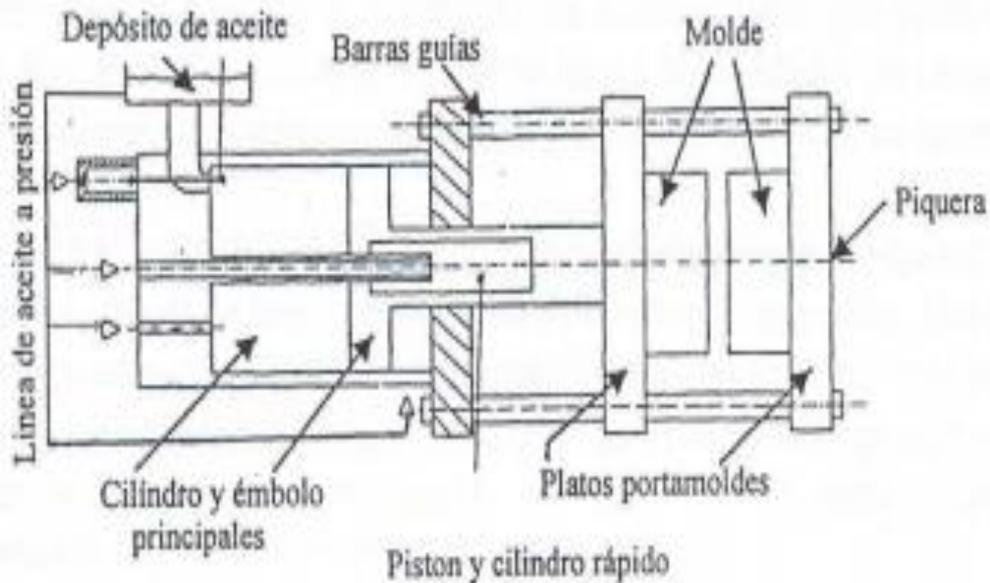


Figura 2.4 Sistema de cierre hidráulico [1]

b) Mecánicas e hidromecánicas (mejor conocidas como sistema de rodilleras). En las unidades hidromecánicas de sujeción las articulaciones están combinadas con cilindros hidráulicos. La articulación se utiliza para abrir y cerrar la rodillera, pero el pistón hidráulico es el responsable de la presión de cierre.

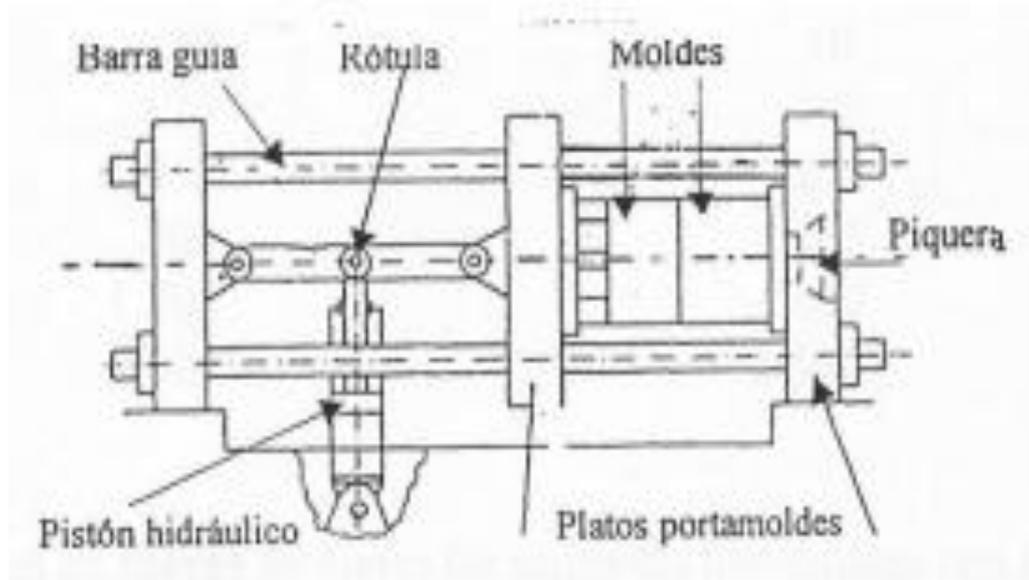


Figura 2.5 Sistema de cierre hidromecánico [1]

2.4.3 Especificaciones generales

- Potencia máxima instalada (hp): Potencia del motor eléctrico que activa el sistema hidráulico.
- Ciclos en vacío (ciclos/min): Número de ciclos que la máquina realiza en un minuto, sin realizar fase de inyección y plastificación.

2.5 El ciclo de inyección

El proceso de inyección es discontinuo, y es llevado totalmente por una sola máquina llamada inyectora con su correspondiente equipo auxiliar o periférico. El proceso de inyección consiste básicamente en:

- a) Plastificar y homogenizar con ayuda de calor el material plástico que ha sido alimentado en la tolva y el cual entrara por la garganta del cilindro.
- b) Inyectar el material fundido por medio de presión en las cavidades del molde, en las cuales tomará la forma o figura que tenga dicho molde.
- c) En el tiempo en el que el plástico se enfría dentro del molde se está llevando a cabo el paso "a", posteriormente se abre el molde y expulsa la pieza moldeada.

El ciclo de producción consta de siete fases:

- 1) Cierre del molde
- 2) Avance de la unidad de inyección
- 3) Inyección del material en el molde
- 4) Mantenimiento de la presión
- 5) Refrigeración y solidificación de la pieza (comienza al terminar la inyección y dura hasta que empieza la apertura del molde)
- 6) Retroceso de la unidad de inyección
- 7) Apertura del molde y expulsión de la pieza

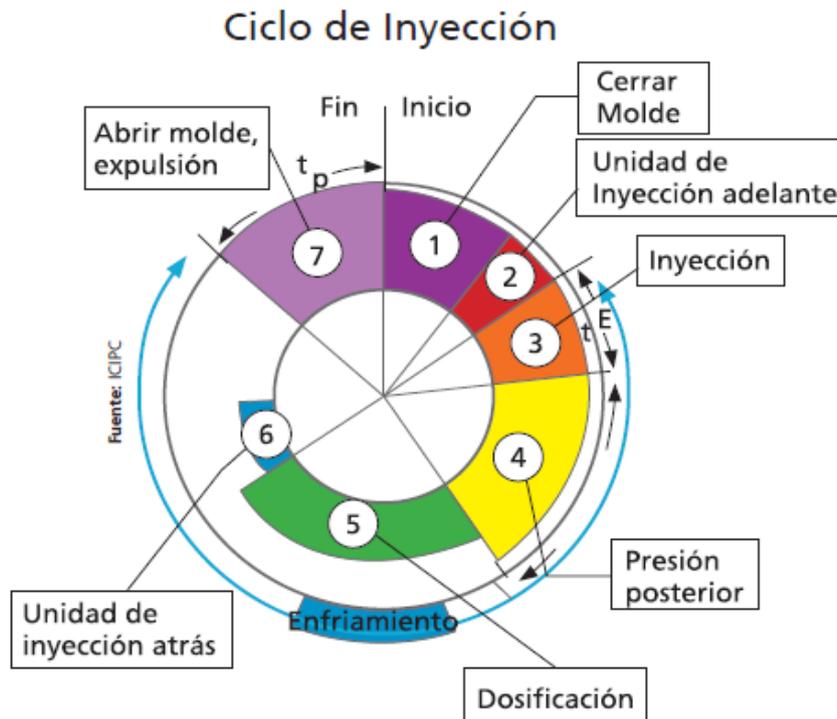


Figura 2.6 Ciclo de inyección [8]

En cuanto al consumo de energía en cada una de las etapas del ciclo existen variaciones que medidas en términos de potencia, en la figura 2.7 se observa que en el cierre del molde apenas se requiere la potencia necesaria para vencer la fricción generada al desplazar el plato móvil y que la etapa de inyección necesita la potencia máxima durante un período muy corto de tiempo. También se observa que el desplazamiento de la unidad de inyección y la apertura del molde requieren muy poca potencia.

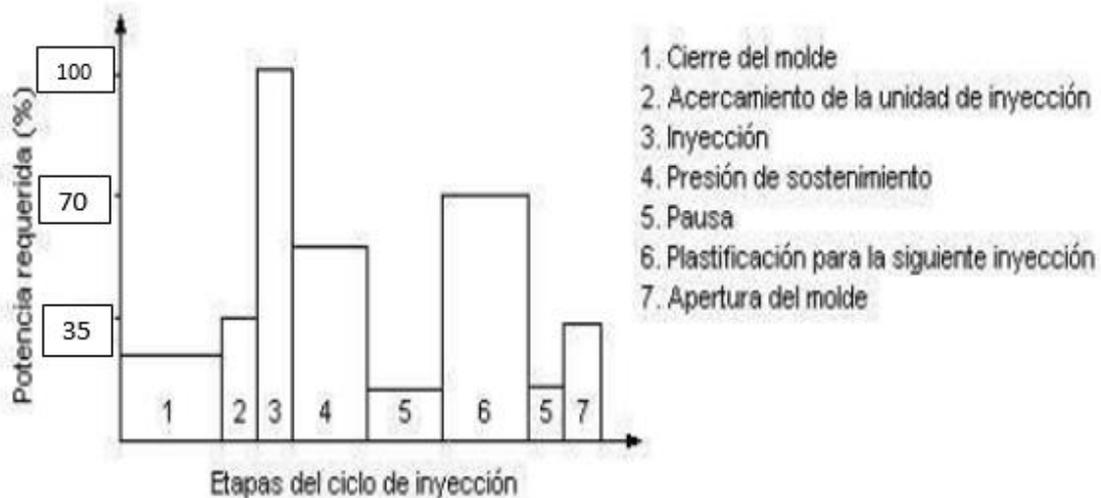


Figura 2.7 Esquema del consumo de potencia durante el ciclo de inyección [2]

2.6 Funcionamiento hidráulico

Las notaciones más antiguas de la historia muestran que artículos tales como bombas y ruedas de agua eran conocidas en tiempos muy remotos. Sin embargo, hasta el siglo XVII fue que la rama de hidráulica se empezó a usar. El principio descubierto por el científico francés pascal dice: la presión aplicada a un fluido confinado se transmite sin disminución de fuerza en todas sus direcciones y actúa con fuerza igual y en áreas iguales en los ángulos correspondientes.

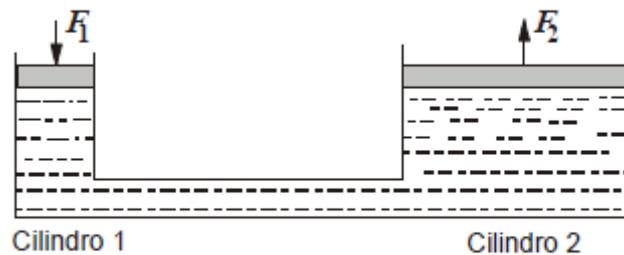


Figura 2.8 Principio de Pascal [3]

La hidráulica es la ciencia que forma parte la física y comprende la transmisión y regulación de fuerzas y movimientos por medio de los líquidos.

La ventaja que implica la utilización de la energía hidráulica es la posibilidad de transmitir grandes fuerzas, empleando para ello pequeños elementos. Los componentes básicos de un sistema hidráulico son: bomba, filtro, tanque de almacenamiento, válvulas, actuadores y el fluido hidráulico, estando todos estos componentes unidos o conectados entre sí por medio de tubos o mangueras.

La hidráulica ahora se puede definir como un medio de transmitir potencia al empujar sobre un líquido confinado. El componente de entrada del sistema se llama bomba y el empuje de salida es un actuador.

El sistema hidráulico no es una fuente de energía. La fuente de energía es el primer impulsor tal como un motor eléctrico o un motor que impulse la bomba.

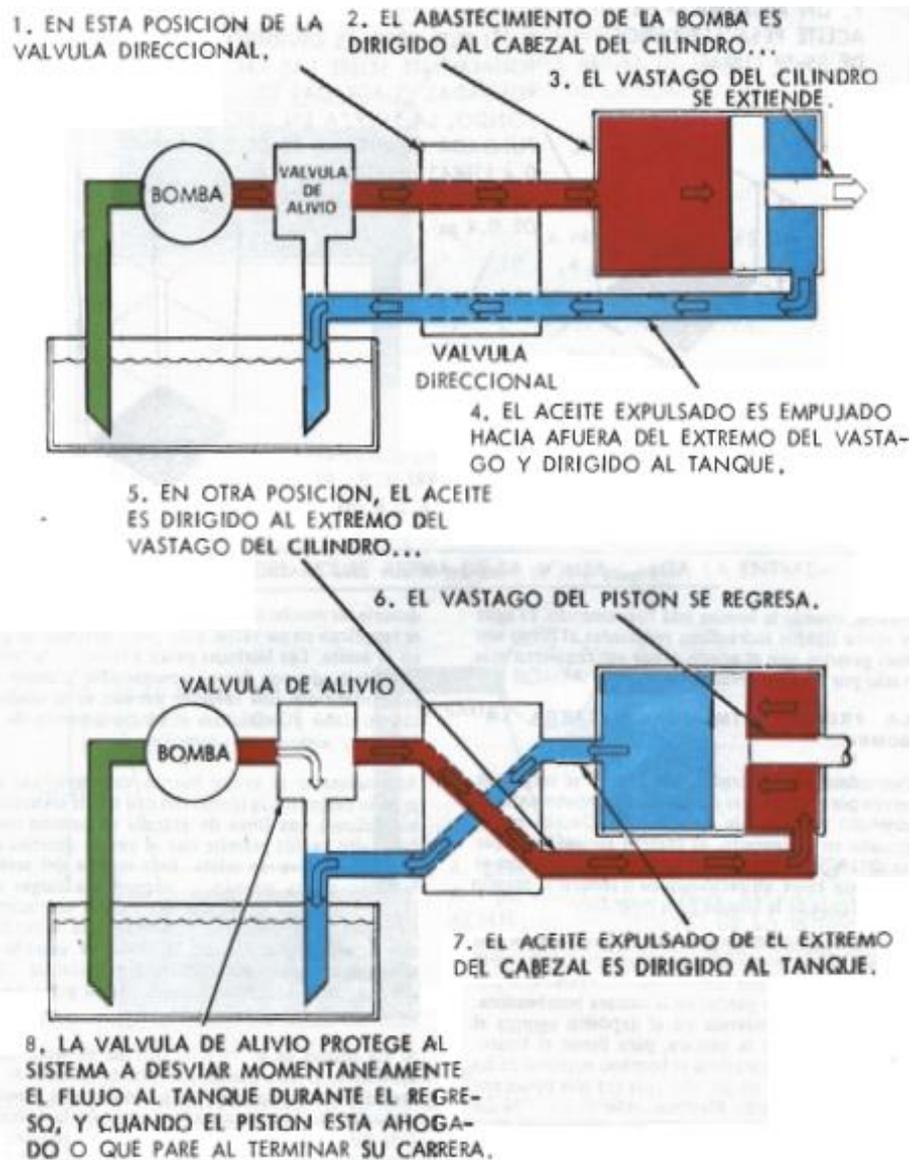


Figura 2.9 Sistema hidráulico de un actuador lineal [3]

2.6.1 Funciones del fluido a presión

Cualquier fluido es esencialmente incompresible y por eso transmite la fuerza instantáneamente en un sistema hidráulico. Sin embargo el fluido más comúnmente usado en los sistemas hidráulicos es el aceite de petróleo. El aceite transmite la potencia fácilmente porque es muy poco compresible. Este se comprimirá, un medio del uno por ciento en una presión dada. La propiedad más importante del aceite es su habilidad de lubricación. El líquido hidráulico debe lubricar la mayoría de las partes móviles internas de los componentes.

El correcto funcionamiento, la vida útil, la seguridad de funcionamiento y la rentabilidad de una instalación hidráulica se ven decididamente influidas por la selección del fluido a presión adecuado.

En general, se emplean los fluidos con una base de aceites minerales, denominados aceites hidráulicos. Además de estos aceites, se utilizan líquidos difícilmente inflamables, con lo que deben limitarse, eventualmente, las condiciones de uso de los aparatos.

Las funciones de un fluido son múltiples:

- Transmisión de la potencia hidráulica desde la bomba al motor hidráulico o al cilindro
- Lubricación de las piezas móviles, como las superficies deslizantes de la corredera o del émbolo, los cojinetes, los elementos de conmutación, etc.
- Protección anticorrosiva de las superficies metálicas mojadas
- Eliminación de las impurezas, la abrasión, el agua, el aire, etc.

Dependiendo de estas funciones, hay que tener en cuenta determinadas características que, en parte, se expresan como características estandarizadas.

En una máquina inyectora el funcionamiento hidráulico básico se muestra en la figura (2.10 A) y (2.10 B).

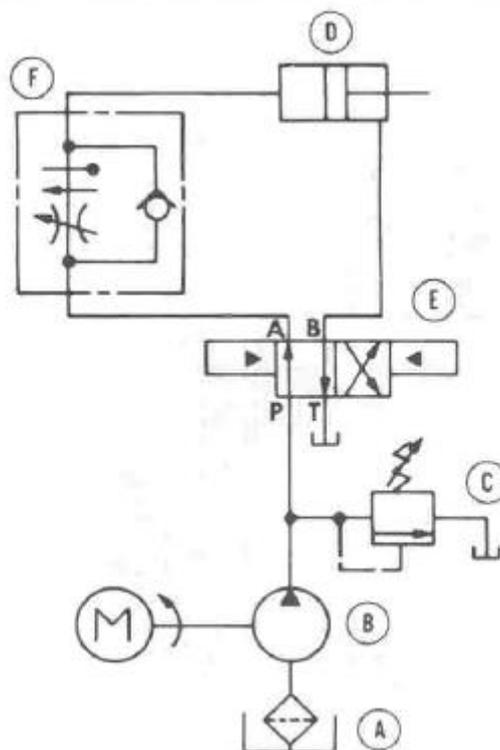


Figura 2.10A Funcionamiento hidráulico básico de una máquina de inyección [3]

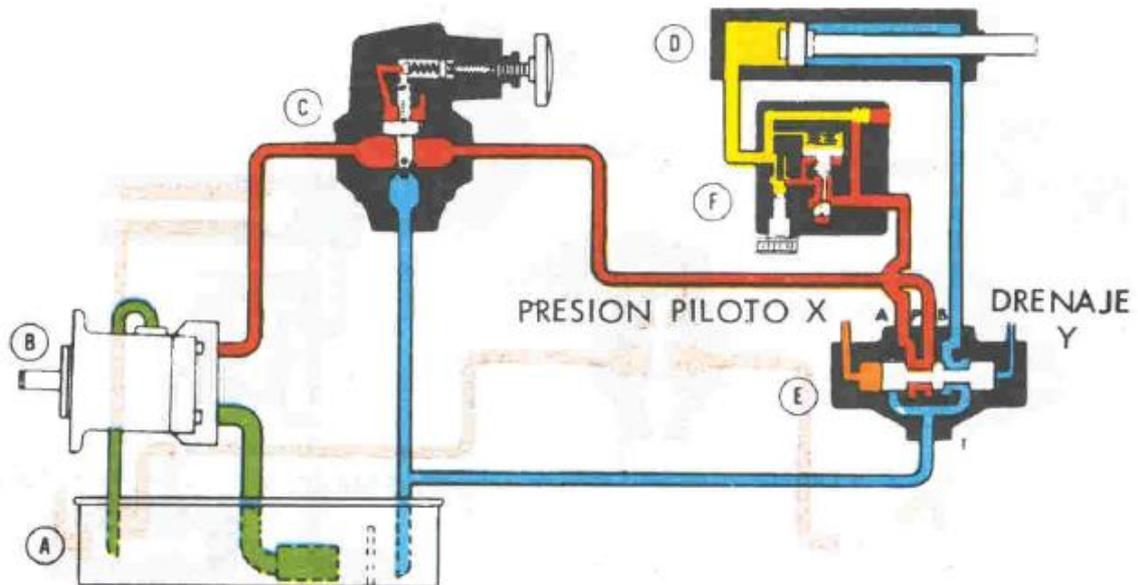


Figura 2.10B Funcionamiento hidráulico básico de una máquina de inyección [3]

La bomba (B) es impulsada por un motor eléctrico y genera un caudal que pasa a través de una válvula de alivio (C) que determina la presión impuesta sobre la bomba, el exceso de flujo debe regresar a través de la válvula de alivio hacia el tanque (A), el flujo sigue a una válvula direccional (E) que determina el cierre y apertura del pistón regulada por un control de flujo (F).

CAPITULO 3

PARTICIPACION EN LA INDUSTRIA

3.1 Introducción

El mantenimiento de la diferente maquinaria y equipos periféricos vinculados a los procesos productivos en cualquier industria juega un papel fundamental ya que de él depende la eficiencia de la producción diaria en cualquier sector.

La labor del departamento de mantenimiento, está relacionada muy estrechamente en la prevención de accidentes y lesiones en el trabajador ya que tiene la responsabilidad de mantener en buenas condiciones, la maquinaria, herramientas y equipo de trabajo etc., lo cual permite un mejor desenvolvimiento y seguridad evitando en parte riesgos en el área laboral.

3.2 Descripción del puesto de trabajo

El puesto que he desempeñado dentro de la industria de la inyección de plásticos ha sido en el mantenimiento preventivo y correctivo de los diferentes equipos periféricos y maquinaria de la planta de producción.

Cuando ingrese a trabajar a Plásticos Alica S.A de C.V no había una estructura de trabajo definida en el área de mantenimiento, así que la dirección general comenzó a dar un orden, primeramente capacitando con cursos a todo el personal profesionalista que iba ingresando al ámbito laboral y posteriormente otorgándoles puestos de trabajo con objetivos definidos (tal como fue mi caso).

Entre las actividades cotidianas realizadas en mi puesto de trabajo se encuentra colaborar muy de cerca con la persona responsable de la producción y operación de la maquinaria de inyección para garantizar el correcto funcionamiento. Antes de comenzar a describir las actividades que he realizado como parte del equipo de mantenimiento describiré de una manera más detallada de que trata esté.

3.3 Mantenimiento

Mantenimiento se define como un conjunto de técnicas y sistemas que permiten prever las averías, efectuar revisiones, engrases y reparaciones eficaces, dando a la vez normas de buen funcionamiento a los operadores de las máquinas, a sus usuarios, contribuyendo a los beneficios de la empresa.

La finalidad del mantenimiento es conservar la planta industrial con los equipos y las instalaciones en condiciones de cumplir con las funciones para la cual fueron proyectados con la capacidad y la calidad especificadas, pudiendo ser

utilizados en condiciones de seguridad y de acuerdo a un programa de uso definido por los requerimientos de producción.

3.4 Tipos de mantenimiento

3.4.1 Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo se define como la programación de actividades de inspección de los equipos, tanto del funcionamiento como de limpieza y calibración, que deben llevarse a cabo en forma periódica con base en un plan de aseguramiento y control de calidad. Su propósito es prevenir las fallas, manteniendo los equipos en óptima operación.

La característica principal de este tipo de mantenimiento es la de inspeccionar los equipos, prevenir fallas o corregirlas en el momento oportuno. Con un buen mantenimiento preventivo se gana experiencia en diagnóstico de fallas y del tiempo de operación seguro de un equipo.

3.4.2 Mantenimiento Correctivo

El mantenimiento correctivo es aquel que corrige las fallas observadas en la maquinaria, equipos o instalaciones además de que es la forma más básica de mantenimiento que consiste en localizar averías o defectos y corregirlos o repararlos.

3.4.2.1 No planificado .Es el mantenimiento correctivo de emergencia que debe llevarse a cabo con la mayor celeridad para evitar que se incrementen costos e impedir daños materiales y/o humanos.

Si se presenta una avería imprevista, se procederá a repararla en el menor tiempo posible para que el sistema, equipo o instalación siga funcionando normalmente sin generar perjuicios; o se reparará aquello que por una condición imperativa requiera su arreglo (en caso que involucre la seguridad, o por peligro de contaminación, o por la aplicación de normas, etc.)

El mantenimiento correctivo resulta aplicable en:

- Sistemas complejos, normalmente en componentes electrónicos o en aquellos donde no es posible prever fallas, y en los procesos que admiten ser interrumpidos en cualquier momento y durante cualquier tiempo, sin afectar la seguridad.

- Equipos en funcionamiento que tiene cierta antigüedad. En estos casos puede suceder que la falla se presente en forma imprevista, y por lo general en el momento menos oportuno, debido justamente a que el equipo es exigido por necesidad y se le requiere funcionando a pleno.

Un inconveniente en este tipo de mantenimiento es que debe preverse un capital inmovilizado y disponible para las piezas y elementos de repuesto, visto que la adquisición de los mismos puede no ser resuelta con rapidez, y requiere de una gestión de compra y entrega que no coincide con los tiempos reales para poner en marcha nuevamente los equipos en el más corto tiempo posible, con el agravante que puedan ser piezas discontinuadas, importadas o que ya no se fabriquen más.

3.4.2.2 Planificado. El mantenimiento correctivo planificado prevé lo que se hará antes que se produzca el fallo, de manera que cuando se detiene el equipo para efectuar la reparación, ya se dispone de los repuestos, de los documentos necesarios y del personal técnico asignado con anterioridad en una programación de tareas. Al igual que el anterior, corrige la falla y actúa ante un hecho cierto.

Este tipo de mantenimiento difiere del no planificado en que se evita ese grado de apremio del anterior, porque los trabajos han sido programados con antelación.

Para llevarlo a cabo se programa la detención del equipo, pero previo a ello, se realiza un listado de tareas a realizar sobre el mismo y programamos su ejecución en dicha oportunidad, aprovechando para realizar toda reparación, recambio o ajuste que no sería factible hacer con el equipo en funcionamiento. Suele hacerse en los momentos de menor actividad, horas en contra turno, períodos de baja demanda, durante la noche, en los fines de semana, períodos de vacaciones, etc.

3.5 Actividades realizadas en la industria

En un principio se me asignó como auxiliar del técnico encargado de mantenimiento que como inducción me mostró toda la maquinaria y equipo periférico en funcionamiento dentro de la planta, dándome una capacitación de las fallas más comunes de las máquinas inyectoras de marca BMB y HUSKY con capacidad de inyección de 200 hasta 900 toneladas.

Luego de compartir varios días laborales con el personal de mantenimiento y realizar una observación detallada del funcionamiento normal de los procesos de producción, me fue posible determinar cuáles eran las máquinas que tenían mayores paros por mantenimiento y también diagnosticar carencias en la gestión del área, ya que la gran mayoría de mantenimientos se realizaban en el momento de ocurrir los daños teniendo en Plásticos Alica sólo mantenimiento de forma correctiva. Éste tipo de mantenimiento llevaba a diferentes situaciones e inconvenientes que afectaban considerablemente el proceso de producción, es decir algunos mantenimientos se realizaban sólo en el momento en que el supervisor de operación creía o se daba cuenta de que “las cosas estaban mal” dependiendo directamente de su criterio y posteriormente dando aviso al personal de mantenimiento para que se procediera a revisar, reparar y dejar en operación nuevamente la máquina o equipo, es decir, cada vez que se presentaba una falla se incluía en ésta un arreglo del problema y en la mayoría de los casos un mantenimiento completo, implicando mayor tiempo muerto de producción. El director general de Plásticos Alica S.A de C.V tenía en cuenta todos los percances presentados por la falta de organización y planeación en el área de mantenimiento, así que comenzó a capacitar al personal implementando cursos del proceso de inyección, hidráulica y ahorro de energía.

Además, de los cursos dividió el área de mantenimiento en 2; mantenimiento correctivo y mantenimiento preventivo, dejándome a mí como responsable de todos los mantenimientos preventivos y pidiéndome un plan de mantenimiento preventivo para todas las máquinas inyectoras.

3.5.1 Plan de mantenimiento preventivo

Para poder realizar un plan de mantenimiento preventivo de cada máquina inyectora fue necesario indagar en sus manuales de operación y mantenimiento. Toda la información obtenida tuvo como propósito el mantener funcionando de forma óptima las maquinas inyectoras que operan en Plásticos Alica S.A de C.V y se implementó un programa de mantenimiento que se resume en el siguiente cuadro.

No.	OPERACION DE MANTENIMIENTO DE LA MAQUINA INYECTORA # _____	INTERVALO DE MANTENIMIENTO
1	lubricación por aceite o grasa	cada semana
2	revisión de nivel de aceite hidráulico (re nivelar si es necesario)	cada semana
3	revisión de dispositivos de emergencia	cada semana
4	control y restablecimiento del nivel del líquido refrigerador (maquinas BMB)	cada semana
5	verificar precarga de acumuladores	cada mes
6	filtrado de aceite hidráulico	Cada 500 horas de funcionamiento
7	apretado de tornillos de fijación de componentes mecánicos (bridas, uniones, anclajes al bastidor, estribos de la tubería)	cada seis meses
8	revisión de cables y conexiones en la calefacción del cañón	cada seis meses (Con mi experiencia es recomendable revisar cada mes)
9	revisión de tarjetas electrónicas	cada seis meses
10	control de conductos , verificar que los tubos flexibles no presenten desgaste para evitar pérdidas de aceite hidráulico	cada seis meses
11	limpieza general de la maquina	cada seis meses
12	cambio de aceite hidráulico	Cada 5000 horas de funcionamiento
13	limpieza del tanque hidráulico	Cada 5000 horas de funcionamiento

14	limpieza de filtro de aspiración	Cada 5000 horas de funcionamiento
15	limpieza de filtro de aire (maquinas BMB)	Cada 5000 horas de funcionamiento
16	filtro de presión	sustituir en cuanto aparezca la alarma de su atascamiento
17	filtro de mando de la servoválvula	sustituir en cuanto aparezca la alarma de su atascamiento
18	descalcificación del intercambiador de calor	cada año
19	sustitución de líquido refrigerante (maquinas BMB)	cada año
20	nivelación y alineación del grupo de cierre e inyección	cada año

En el cuadro anterior se muestran las actividades que se programaron de acuerdo a la prioridad de la máquina inyectora y que generalmente se llevaron a cabo los fines de semana cuando la planta no estaba en operación, es decir con la máquina totalmente desenergizada.

El programa de mantenimiento se realizó de acuerdo a los requerimientos de producción, buscando no interferir con los pedidos de cada cliente ya que un mantenimiento completo se desarrollaba de 9 a 11 horas teniendo en cuenta un equipo de tres personas para llevarlo a cabo. Mientras tanto se programaron las siguientes actividades preventivas.

3.5.2 Actividades que se deben realizar diario

-Revisar el estado en que se encuentre toda la maquinaria, reportando o arreglando cualquier desperfecto encontrado.

-Realizar una revisión en el área de torres de enfriamiento tales como el nivel de agua o alguna fuga en las instalaciones.

-Checar el área de compresores observando que no exista alguna fuga de aceite, que éstos se encuentren trabajando normalmente o en su defecto consultar con el supervisor el motivo del paro del equipo.

-Checar el nivel de aceite en las unidades hidráulicas así como el nivel de aceite de lubricación

-Revisar el nivel de agua en las cisternas y en caso de no haber agua reportar inmediatamente para solicitar un abastecimiento de agua.

-Poner énfasis en cualquier fuga de agua o aceite que se presente en cualquier área de producción y realizar la limpieza requerida o compostura de ser necesario.

-Mantener un buen aspecto de la planta evitando que haya cables sueltos, motores fuera del área asignada para mantenimiento, mangueras o cualquier material que corresponda al área de mantenimiento.

-Cuidar el correcto almacenamiento de herramental, líquidos, aceites y lubricantes

-Abrir las válvulas en los tanques de almacenamiento de aire de los compresores para sacar agua generada y de cualquier línea de aire que se encuentre en la zona de producción.

3.5.3 Actividades semanales

-Limpieza de grasa excedente y engrasado de cada una de las máquinas.

-Limpieza de depósitos de aceite sucio de la maquinaria.

-cambiar aceite hidráulico que ya se encuentre quemado y con sedimentos, además de lavar el tanque de la máquina

3.5.4 Actividades quincenales

-Limpieza de polvo en paredes, tubería, lámparas etc.

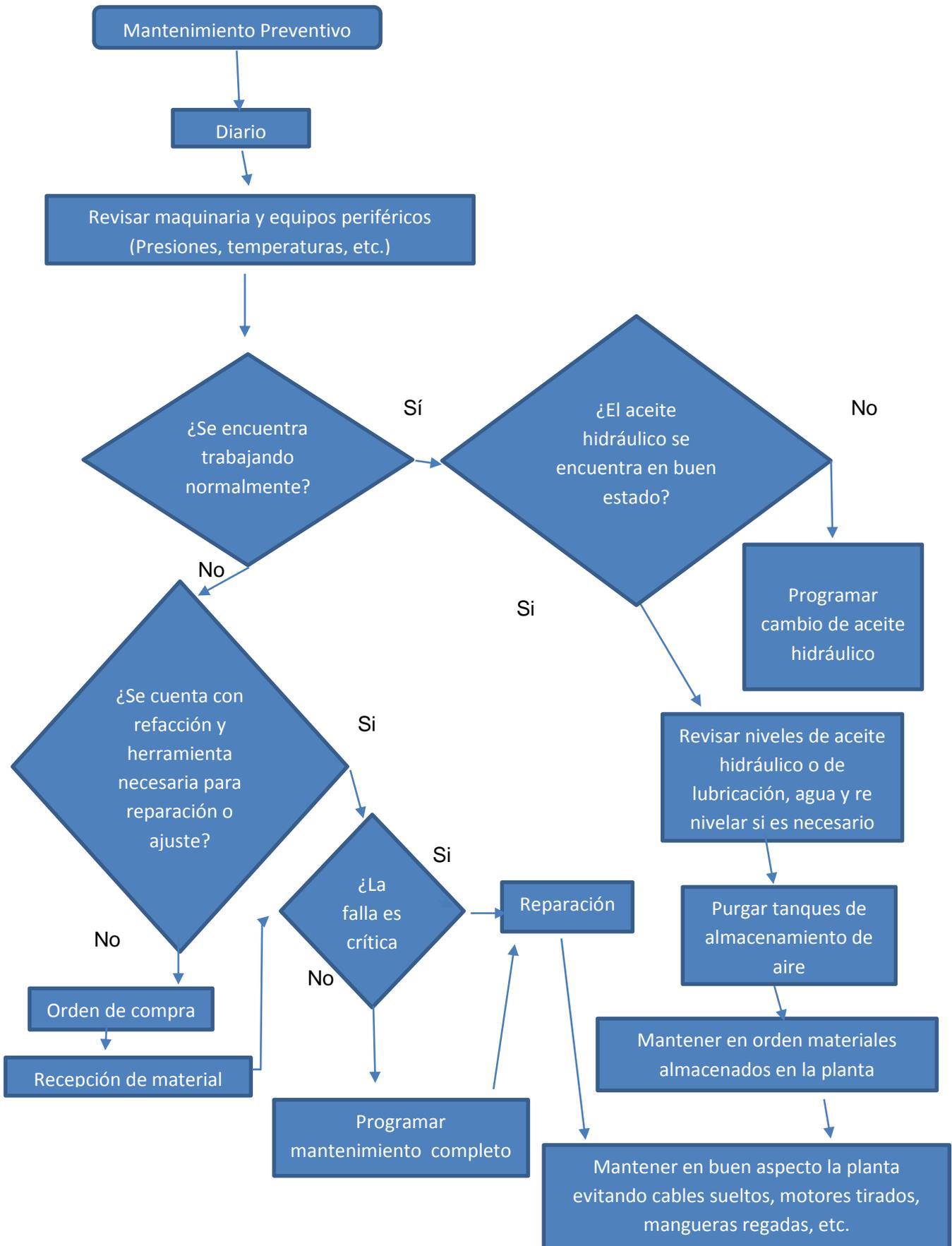
-Desazolve de las tinas de torres de enfriamiento

-Limpieza de ventiladores de planta

-Control de aceites y grasas

A partir de mis aportaciones en mantenimiento se me dio la oportunidad de colaborar con un nuevo proyecto el cual consistía en instalar un nuevo sistema automatizado para el enfriamiento de moldes en las máquinas inyectoras el cual detallare en el siguiente capítulo.

3.5.5 Diagrama de flujo de las actividades de mantenimiento diario



CAPITULO 4

PROYECTO TERMO-CONVECTOR ADIABÁTICO

Uno de los principales objetivos en toda la industria es obtener ahorros y en lo que respecta a la inyección de plástico el tiempo del ciclo de moldeo está repartido entre 5 y 20 por ciento a la acción de inyección; entre 50 y 85 por ciento al enfriamiento y entre 5 y 30 por ciento a la expulsión de la pieza terminada, según los requerimientos de producción, el producto a fabricar y los parámetros del proceso.

Un sistema de enfriamiento deficiente genera una distribución dispareja de la temperatura, lo que a su vez, puede ocasionar bajo rendimiento de la productividad y riesgo de fatiga térmica en el acero del molde, además de innumerables problemas de calidad, tales como tensiones residuales, fragilidad, deformaciones de la pieza y muchas otras discontinuidades.

Si el molde está muy no tiene el atemperado adecuado, la pieza requerirá mucho tiempo para solidificar y ser extraída, lo que consumirá demasiado tiempo del ciclo de inyección y reducirá la productividad. Si el molde está muy frío, el plástico fundido (caliente) solidificará prematuramente durante su trayecto, lo que causa un mal llenado y otros posibles resultados indeseables. Idealmente, se busca un enfriamiento uniforme y eficiente que garantice la calidad del producto, reduciendo al máximo el tiempo de ciclo y el costo total.

Hoy en día, gracias al desarrollo tecnológico en la fabricación de intercambiadores de calor tipo placa para refrigeración y al control electrónico por microprocesador, es posible tener sistemas de enfriamiento que son compactos, fiables y de alta precisión como lo es el termo-convector adiabático que cuenta con las siguientes características técnicas:

- Circuito totalmente cerrado.
- Proporcionan un control de temperatura continuo manteniéndolo exacto y constante
- Tienen un bajo costo de energía, tanto en el calor producido por la maquina como en el calor producido por los refrigeradores en el proceso.

4.1 Antecedentes, Proceso de inyección de plástico y su refrigeración

En el proceso de inyección, el material plástico es introducido en el molde a una temperatura de entre 150 °C a 300 °C, según del tipo de plástico utilizado (Figura 3.1), al contacto con las paredes el plástico transmite parte de este calor al molde, (lo cual se debe equilibrar con un sistema de enfriamiento) hasta disminuir a una temperatura llamada de desmoldeo que varía según la pieza y el proceso entre 40 y 120°.

Aunque, el molde disipa parte del calor al contacto con las placas de la máquina y la ventilación del medio ambiente, esta disipación es menor que el aporte recibido del plástico, por ello es necesario regular la temperatura del molde utilizando un sistema de refrigeración, el cual consiste en una serie de canales internos que atraviesan las placas, cavidades, machos y otros componentes, para lograr un enfriamiento correcto y eficiente. El proceso de refrigeración en la inyección de plásticos es simple: El agua es enfriada y bombeada a través de una tubería hacia la máquina y el molde desde una torre de enfriamiento o un chiller, según el tipo de inyectora. Generalmente, el refrigerante llega desde el chiller al controlador de temperatura, el cual cumple dos funciones: mantener la temperatura constante del agua y presionar el líquido a través de los conductos internos del molde, gracias una bomba interna.

La forma en que la tubería llega desde el controlador hasta el molde, varía un poco dependiendo del molde y las prácticas que siga cada proceso de inyección de plástico, pero por lo general se instala un manifold o distribuidor múltiple, cerca del molde a donde llega la línea de agua fría, y desde allí derivan varias mangueras que son conectadas a cada una de las entradas del molde y que deben estar identificadas claramente como entradas y con el circuito correspondiente. Después de circular a través del molde, el agua pasa a la línea de salida o a otro manifold y regresa al sistema para ser atemperada nuevamente.

Material	Temp Fundido (°C)	Tempe Molde (°C)	ΔT	Calor específico Jkg ⁻¹ K ⁻¹	Calor a remover
CA	210	50	160	1700	272
PET	240	60	180	1570	283
PMME	240	60	180	1900	242
PC	300	90	115	3000	345
ABS	240	60	180	1968	364
PS	220	20	200	1970	394
PA 6	250	80	170	3060	520
PA 66	280	80	200	3075	615
LDPE	210	30	180	3180	572
HDPE	240	20	220	3640	801
PP	240	50	190	2790	670

Figura 3.1 Tabla de valores de contenido de calor para algunos termoplásticos [8]

4.2 Antecedentes, Enfriamiento de proceso

En cualquier tipo de proceso productivo (moldes, calandras), las condiciones de enfriamiento son de extrema importancia para lograr la mayor calidad y mayor productividad del proceso en sí mismo. En especial, cuanto más se acorte el tiempo de enfriamiento, más aumentara la productividad. Del mismo modo, un enfriamiento correcto mejora la calidad del producto, reduce los residuos y optimiza la eficacia general del proceso productivo. Por lo tanto, queda claro que, dependiendo de la materia prima que se procese, el artículo fabricado y las condiciones de producción, cada proceso en particular tiene su propia serie de parámetros optimizados para el enfriamiento de agua (temperatura, presión, velocidad de circulación), que difieren de otros procesos en marcha

El segundo aspecto básico del enfriamiento de proceso es la posibilidad de repetir la serie optimizada de parámetros de enfriamiento cuando se fabrica un mismo artículo. No tiene sentido hallar las condiciones optimizadas de enfriamiento que permitan lograr los mejores resultados, si luego el sistema no es capaz de mantener sus valores constantes y exactos.

El sistema de refrigeración tradicional es un refrigerador de agua industrial de gran capacidad con compresores para la refrigeración. Estas plantas se componen de una unidad central de refrigeración provista generalmente de varios compresores (chillers), que distribuyen agua enfriada a todas las máquinas de producción por medio de un único circuito de distribución. Por lo tanto, el agua fría se suministra a la menor temperatura requerida entre todos los usuarios. Todos los procesos que necesitan menor enfriamiento solo pueden controlarse reduciendo el flujo de agua refrigerada (fluxómetro). La reducción del nivel de flujo de agua refrigerada a través del proceso, hace que la temperatura del agua tenga una gran diferencia térmica entre la entrada y la salida, lo que implica una distribución no uniforme de temperatura a lo largo de la superficie metálica que está en contacto con el plástico.



Figura 3.2 Diagrama de bloques del proceso de enfriamiento de plástico. [10]

4.3 Características y especificaciones para la instalación del Equipo

A continuación se describirán todas las especificaciones que dio el proveedor para la instalación del termo-convector adiabático.

Termo-convector tipo adiabático

Capacidad de enfriamiento, 7.6 kW de potencia total absorbida, 4 motores ventiladores, 1.9 kW (2.5 HP) cada uno, con una demanda de corriente máxima total 16 amperes a 460 volts, 3 fases, volumen interno 160 litros, conexiones de 100 mm Ø (medida europea), longitud de 2.2 metros, ancho 2.2 metros, alto 2.9 metros, peso 900 kilogramos (vacío).



Figura 3.3 Termo-convector adiabático

Grupo de bombas

2 bombas de 5.5 kW (7.4HP) cada una, demanda de corriente total 19 amperes a 440 V, 3 fases, peso 335 kg (vacío), longitud de 1.30 metro, frente de 1.05 metro, alto 1.2 metro (dimensiones aproximadas), conexiones tipo Victaulic de 150 mm Ø nominal (medida europea).



Figura 3.4 Grupo de bombas de 7.4 hp.

4.3.1 Ubicación y posición del Termo-convector adiabático y del grupo de bombas.

Se consideró la ubicación del equipo en un área con dimensiones de 12 metros x 9 metros aproximadamente (mezanine) esto según las especificaciones del proveedor.

El grupo de bombas fue instalado en la misma área donde se instaló el Termo-convector adiabático.

4.3.2 Características de la instalación hidráulica

Diámetro de los tubos principales de suministro y retorno: Ø 4"

Material del tubo empleado

1.-Se nos recomendó usar tubo de PVC cédula 40 (con opción a cédula 80) con uniones cementadas.

2.-Los tubos fueron soportados mediante apoyos con una separación no mayor de 1.2 metro debido a la temperatura de 35 °C a los cuales están sometidos.

3.-En los cambios de dirección se nos recomendó el empleo de codos de 45° para disminuir la caída de presión que se presenta en los codos de 90° radio corto que son los de fabricación estándar en material PVC..

4- Las válvulas a instaladas en todas las derivaciones fueron del tipo esfera (bola). La válvula que se instaló en la conexión de salida del grupo de bombas fue del tipo de mariposa con volante esto con la finalidad de poder ajustar el caudal y la presión desarrollada por las bombas.

5- Se requirió la instalación de un manómetro (con rango de 0 a 5 Kg/cm²) en la conexión de salida del grupo de bombas, justo entre el cabezal de descarga y la válvula de mariposa con volante.

6- Para mantener el agua del sistema siempre limpio se nos recomendó instalar un filtro en línea y justo antes de llegar al termo-convector.

4.3.3 Características de la instalación eléctrica

Tensión de alimentación: 440 Volts, 3 fases

4.3.4 Cargas eléctricas

(1): 4.6 kW, 6.1 HP (termo-convector)

(2): 11 kW, 14.75HP (2 bombas)

4.3.5 Calibre de conductores

Carga eléctrica (1): 12 AWG, por cada fila de dos ventiladores, considerando un recorrido de 100 metros para los conductores.

Carga eléctrica (2): 10 AWG considerando un recorrido de 75 metros para los conductores.

4.3.6 Tamaño de interruptores termo magnéticos

Carga eléctrica (1): 15A 600V Termo magnético, para cada fila de 2 ventiladores.

Carga eléctrica (2): 30A 600V Termo magnético (bombas).

4.4 Participación profesional en el proyecto de instalación del sistema de enfriamiento

En plásticos Alica S.A de C.V se tiene la capacidad de fabricar mensualmente hasta 750 toneladas y se contaba con un sistema de refrigeración tradicional que ante la demanda de producción comenzaba a sufrir problemas de refrigeración en moldes.

Teniendo en cuenta que el enfriamiento puede determinar hasta el 85% del ciclo de moldeo, se comenzó a buscar mayor eficacia en cuanto a producción se refiere, ya que el sistema de enfriamiento que se tenía en muchos casos no cumplía con la capacidad para remover el calor necesario y reducir el tiempo de enfriamiento en el ciclo, obligando a los operadores de las máquinas de inyección a subir el tiempo del ciclo de producción, debido a que la pieza salía a una temperatura muy elevada. Ante este problema la dirección general adquirió un nuevo sistema de enfriamiento automatizado, que se instaló en las máquinas inyectoras con mayor capacidad (4 inyectoras con capacidad de 900 toneladas cada una) para garantizar un enfriamiento óptimo.

En este proyecto se me asignó en el equipo del departamento de nuevos proyectos como auxiliar del coordinador.

4.5 Actividades realizadas durante la participación en el proyecto

Durante todo el proyecto se trabajó junto con el coordinador del proyecto en cuestiones tanto administrativas como técnicas.

-La solicitud y elaboración de requisiciones de material necesario para la instalación. En donde conforme el proyecto avanzaba junto con el coordinador se pidieron los materiales eléctricos, electrónicos e hidráulicos.

-Planeación, supervisión y colaboración de la maniobra del termo-convector hasta su posición final de instalación.

El equipo de trabajo maniobró el termo-convector adiabático por toda la planta hasta llegar al área de bombas (mezzanine).

-Coordinación del personal que trabajó en el proyecto.

Durante el proyecto se coordinó al personal con la finalidad de entregar el sistema de refrigeración en las fechas pedidas por la dirección general.

-Instalación del sistema hidráulico del equipo.

Se colaboró en fijar la trayectoria que seguiría el sistema hidráulico, así como en el corte y pegado de tubería de PVC para alta presión (cedula 40).

-Instalación del sistema eléctrico y de control para el equipo (cableado, tubería conduit, conexión de bombas hidráulicas, tableros eléctricos, etc.)

-Buscar y contratar empresas externas para desazolve de trincheras.

4.6 Operación inicial del sistema.

Teniendo los trabajos de instalación concluidos se procedió junto al director general a hacer las primeras pruebas de funcionamiento de este nuevo equipo de enfriamiento.

El funcionamiento automático del sistema se obtiene mediante la gestión del tablero electrónico de control remoto. Cuando se efectuó por primera vez el arranque del sistema se arrastraron los residuos del material que quedaron en la tubería hidráulica durante la instalación por lo que se vigiló la presencia de ellos en el filtro y se retiraron de inmediato.

Posteriormente se tuvo en observación el funcionamiento de todo el sistema obteniendo muy buenos resultados en la producción y en el moldeo de la pieza, ya que la temperatura de enfriamiento para cada molde se mantuvo de forma constante a 12 °C.

En el proceso (figura 3.4) el agua sale a una temperatura de 15 °C del termo-convector y se dirige hacia una unidad de control de temperatura llamada microgel que es un termostato que va directamente conectado a través de mangueras hidráulicas hacia el manifold que distribuye las entradas y salidas de agua del molde, lo cual permite tener un control exacto en los parámetros de enfriamiento para cada molde (presión, temperatura, caudal). Este sistema sustituyó la torre de enfriamiento y el chiller que se tenía para el enfriamiento de moldes en Plásticos Alica S.A de C.V (figura 3.6)

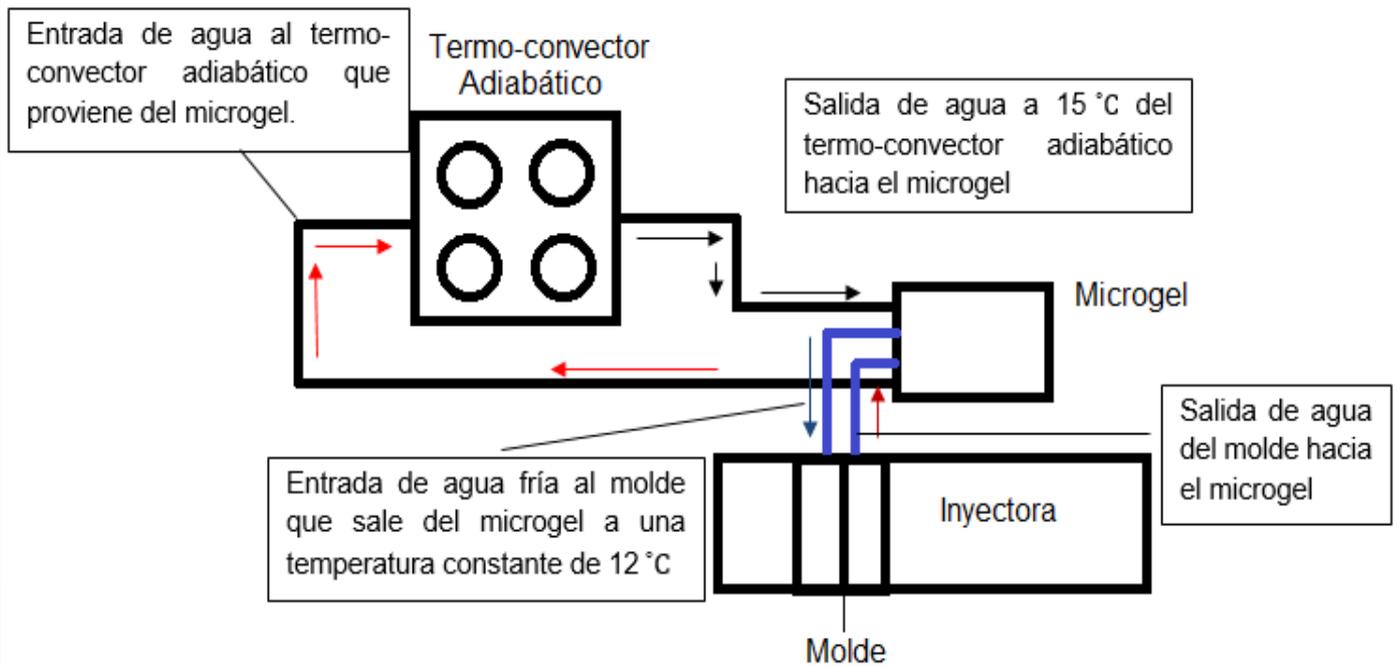


Figura 3.5 Diagrama del sistema termo-convector adiabático- microgel para una inyectora



Figura 3.6 Diagrama de bloques del sistema de enfriamiento que se sustituyó en Plásticos Alica S.A de C.V

La forma esquemática del funcionamiento del termo-convector adiabático para las 4 inyectoras con mayor capacidad de inyección en Plásticos Alica S.A de C.V se muestra en la figura 3.3.

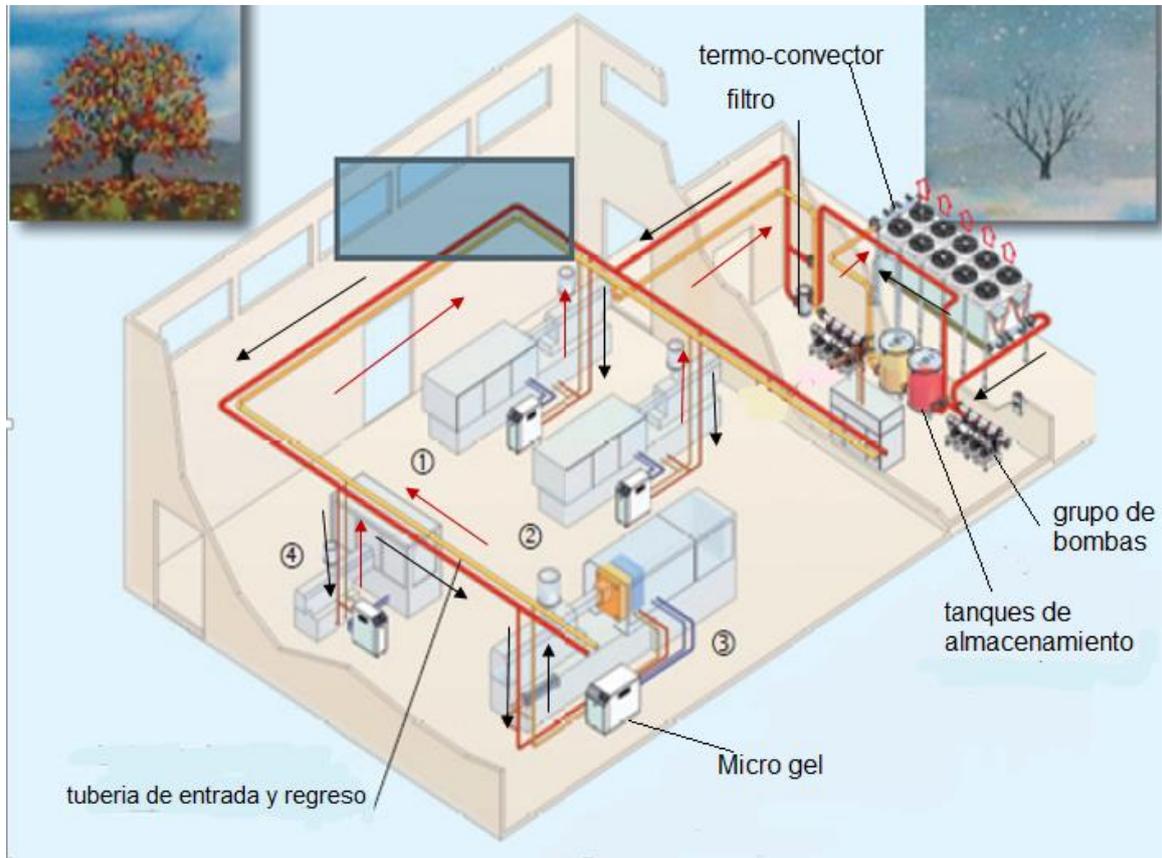


Figura 3.7 Esquema del funcionamiento del sistema de enfriamiento cerrado [7]

CONCLUSIONES

El desarrollo profesional que he tenido ha crecido conforme a experiencia en el área de mantenimiento industrial, ya que en un principio desconocía el funcionamiento de una maquina inyectora así como su proceso y el mantenimiento preventivo-correctivo que se tiene que dar periódicamente a cada máquina. Desde un principio se me capacito con diferentes cursos impartidos en la empresa como son: hidráulica, inyección y uso eficiente de energía. Estando desde un inicio como auxiliar de mantenimiento observe de una forma practica la importancia de esta área ya que el desempeño de la empresa depende en un gran porcentaje de la calidad del mantenimiento que se aplique a cada uno de los equipos y maquinaria dentro de la planta. Siempre se debe tener en cuenta una visión a futuro planificando y programando actividades de mantenimiento para cubrir toda el área en tiempo, sea a mediano o a largo plazo y además reducir costos de repuestos y materiales para un mejor desempeño, ayudando a prevenir fallos.

De mis principales aportaciones en Plásticos Alica S.A de C.V fue hacer y llevar a cabo un plan de mantenimiento preventivo-correctivo en todas las maquinas inyectoras disminuyendo en algunas máquinas y previniendo en otras el desgaste de barras y articulaciones mecánicas. También lleve el control de grasas para lubricar y todo el aceite tanto hidráulico como de lubricación en toda la planta, garantizando que el aceite hidráulico utilizado en cada máquina no estuviera deteriorado o con sedimentos por el desgaste natural asimismo alargando su vida útil y de las partes hidráulicas de la maquina como son: bombas, válvulas y mangueras, logrando con esto una mejora notable en el funcionamiento de la máquina y evitando paros en la producción por fallo hidráulico o mecánico.

Por ultimo con la instalación del nuevo sistema de refrigeración de circuito cerrado se solucionaron dos grandes problemas.

1. La concentración de solidos disueltos y suspendidos (sarro) en tuberías y accesorios del equipo.
2. El deficiente intercambio térmico del molde ya que con este nuevo sistema de enfriamiento se garantiza una manipulación precisa de temperaturas e individual para cada uno de los moldes ubicados en las diferentes maquinas inyectoras, teniendo así parámetros como presión, velocidad y temperatura de forma constante que permite obtener un intercambio térmico uniforme que garantizo una eficiente producción.

Bibliografía

[1]http://www.mater.upm.es/polimeros/Documentos/Cap6_5MoldeoInyeccion.pdf

[2]<http://www6.uniovi.es/usr/fblanco/Leccion11.MOLDEO.POR.INYECCION.pdf>

[3]Manual de hidráulica industrial, vickers

[4]Manual de operación y mantenimiento, BMB

[5]Manual de operación y mantenimiento, Husky

[6]DOFFUAA, SALIH O. Sistema de Mantenimiento “Plantación y Control”, editorial Limusa Wiley. Año 2002.

[7]Manual de instalación termo-convector adiabático

[8]http://www.metalactual.com/revista/27/procesos_moldes.pdf

[9]<http://es.scribd.com/doc/146130247/Optimizacion-del-sistema-de-refrigeracion-de-un-molde-de-inyeccion-para-tapones-pdf#scribd>

[10]<http://www.interempresas.net/Plastico/Articulos/5113-Enfriamiento-de-maquinas-y-de-procesos.html>